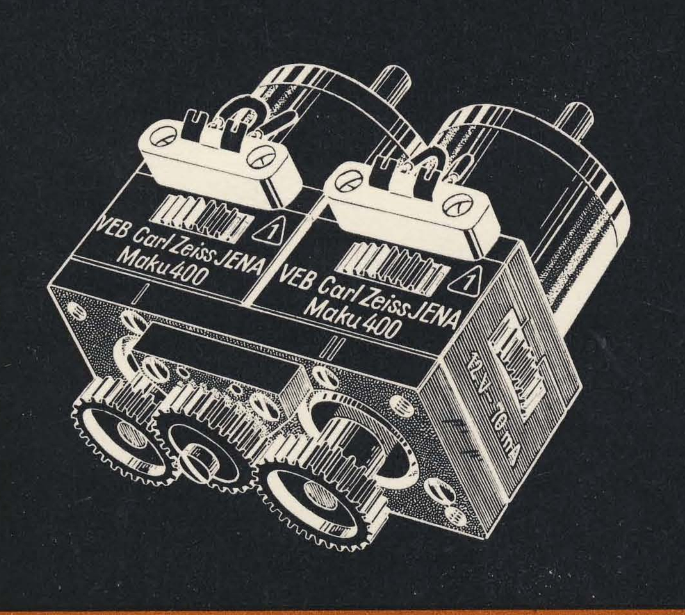
amateurreihe

electronica



Heinz Greif

Tips für den Rationalisator
Teil II

electronica · Band 96

Tips für den Rationalisator · Teil II

HEINZ GREIF

Tips für den Rationalisator
Teil II



DEUTSCHER MILITÄRVERLAG

Inhalt Teil I

Inhalt Teil II

2.3.4. Regler

Als *Regler* bezeichnet man Baugruppen, die aus der Regeleinrichtung, oft auch aus dem Meßfühler und dem Stellantrieb, bestehen. Regler mit Hilfsenergie erfordern elektrische oder pneumatische Energiezufuhr. Dagegen entnehmen *Direktregler* (Regler ohne Hilfsenergie) die zum Betätigen des Stellgliedes erforderliche Energie aus der Regelstrecke. Sie arbeiten meist als P-Regler und haben somit eine bleibende Regelabweichung, die dem Proportionalbereich (Bereich der Proportionalität zwischen Eingangs- und Ausgangsgröße) entsprechend ansteigt. Diese Reglerarten heben demnach den Einfluß von Störgrößen nicht ganz auf, sondern vermindern ihn lediglich. Daher eignen sie sich vor allem bei mittleren bis geringen Ansprüchen an die Regelgüte. Vorteilhaft ist der niedrige Preis und die lange Lebensdauer. Eines der wichtigsten Anwendungsgebiete von Direktreglern ist die Temperaturregelung.
Da der nachweisbare Nutzen von Temperaturregelungen oft gering ist, muß hierfür auch der Aufwand klein gehalten werden.
Temperaturregler nach dem *Ausdehnungsprinzip* (Mertik) sind proportional wirkende Regler ohne Hilfsenergie. Sie bestehen aus einem stabförmigen Meßfühler (Flüssigkeits-Ausdehnungsthermometer), einer Kapillarleitung bis zu 8 m Länge und einem Stellventil (NW 15···100[1]). Sie werden vielfach für einfache Heißwasser- und Dampfheizungen benutzt. Den Sollwert kann man am Meßfühler einstellen.
Pneumatische Direktregler (*Reduzierventile*) dienen zum Bereitstellen eines gleichbleibenden Druckes für pneumatische Einrichtungen. In Luftrichtung werden meist vor dem Reduzierventil ein Hand-Absperrventil und ein Schmutzfilter angeordnet.
Mechanische Sicherheitsventile gelten auch als Direktregler. Druckreduzierventile nach dem Schwimmerprinzip für

[1]) NW: Nennweite in mm

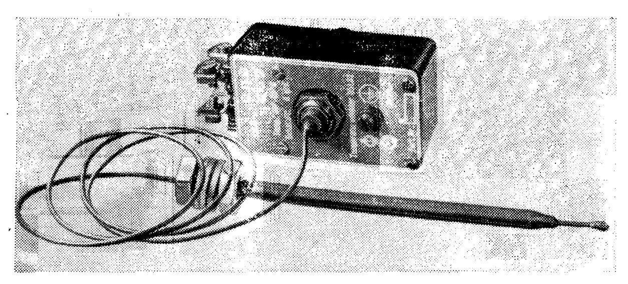


Bild 2.22 Temperaturwächter (*Mertik*)

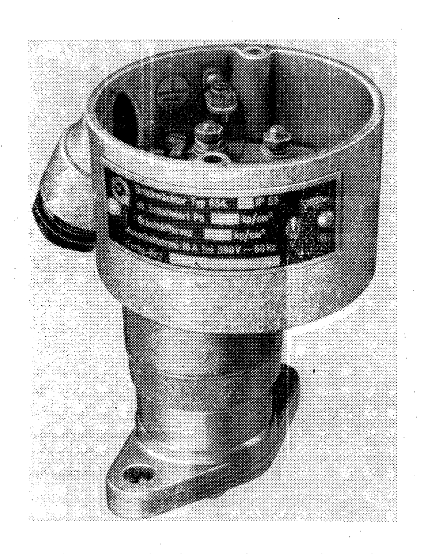
Dampf- und Wasserstandsregler (*GRW, RW, IAL* u. a.) entnehmen die Stellenergie gleichfalls der Strecke.

Mertik und *Horn* stellen einfache *Temperatur-Zweipunktregler* nach dem Ausdehnungsprinzip mit elektrischem Ausgang her (Bild 2.22.). Der Schaltpunkt ist innerhalb der Bereiche (z. B. 30···90 °C) stufenlos einstellbar. Die Schaltdifferenz zwischen Einschalt- und Ausschaltpunkt liegt bei ± 5 grd bis ± 15 grd, zum Teil kann sie auch am Gerät gewählt werden.

Die Kontakte sind mit 220 V~ bis 380 V~ 6···16 A zu belasten. Sie erlauben es daher, elektrische Heizungen unmittelbar zu schalten; aus einem solchen Geber läßt sich ein denkbar einfacher Zweipunkt-Temperaturregelkreis zusammen mit der Heiz- oder Kühleinrichtung aufbauen. Als *Druckwächter* (Bild 2.23.) werden Direktregler mit elektrischem Ausgang für Schaltpunkte von 0,8 kp/cm^2 bis 10 kp/cm^2 angeboten (*Mertik*). Die Schaltdifferenz ist zwischen 0,4···1,5 kp/cm^2 einzustellen. Für viele Aufgaben der Rationalisierungstechnik, angefangen mit einfachen Sicherungs- und Grenzwertüberwachungsaufgaben, sind diese Temperatur- und Druckwächter weit häufiger einzusetzen, als das bisher geschah.

Ein Regler mit pneumatischer Hilfsenergie ist der *Temperaturregler 302 (Noremat).* Mit einem Ausdehnungsthermometer wird die Temperatur gemessen und angezeigt. Die Regelabweichung wird pneumatisch verstärkt, und ein

Bild 2.23
Druckwächter (*Mertik*)



Membranventil arbeitet als Stellglied. Solche Regler sind mit verschiedenen Meßbereichen lieferbar, z. B. auch für Raumtemperaturregelungen (Bereich 0···40 °C). Ihr Vorteil liegt in der einfachen Funktionsprüfung und der Explosionssicherheit. Äußerlich ähnliche *Druckregler (Typ 332)* werden für Drücke von 0···1 kp/cm² bis zu 0···63 kp/cm² hergestellt (*Noremat*). Derselbe Hersteller liefert auch einen Zeitplanregler mit pneumatischer Hilfsenergie für Temperatur- und Druckregelungen. Ein rein pneumatisches *Zeigerabgriffgerät* von *Noremat* erlaubt gleichzeitig die Anzeige des Meßwertes und die Grenzkontaktgabe, ähnlich, wie es elektrische Geräte mit Zeigerabgriff (vgl. unter 2.3.2.) gestatten.

Die bisher genannten Einzweckregler zeichnen sich durch geringen Aufwand, allerdings gleichzeitig durch Erfüllen nur begrenzter Forderungen, aus. Vielseitigere Regler erlauben größere Regelgüten und sind aufwendiger. Als Zwischenglied zu universellen elektrischen und pneumatischen Reglern kann man die früher erwähnten Tastbügel- und Sofortregler ansehen (vgl. 2.3.2.). Damit lassen sich Zwei-

und Mehrpunktregelungen aller Größen durchführen, die man mit elektrischen Gliedern messen und durch Stellglieder, die durch Kontakte zu betätigen sind, beeinflussen kann.
Der analoge elektropneumatische *RVp-Regler (Intron)* wird vielfach in explosionsgefährdeten Anlagen verwendet. Als Meßfühler kann man ein Doppelwiderstandsthermometer, einen Widerstandsferngeber oder Thermoelemente bzw. aktive Geber anderer Art anschließen. Der Außenkreis ist eigensicher. Als Ausgangssignal werden das *Ursamat*-Spannungssignal ± 10 V und ein pneumatisch-analoges Signal im Normaldruckbereich abgegeben. Als Stellglied ist z. B. ein Membranventil geeignet. Für diesen Regler werden verschiedene Zubehörteile geliefert; mit einem ID-Zusatz erhält man z. B. einen PID-Regler.
Einen transistorisierten *Zweipunktregler (TZR 1)* mit besonders kleiner Regelschwankung — im Bereich von 100 bis 350 °C weniger als ± 1 % — stellt *Wetron* her. Er wird beispielsweise für Plastverarbeitungsmaschinen mit elektrischer Heizung verwendet. Der Mehrpunktregler ARU 60-10 desselben Herstellers eignet sich zum Anschluß eines Widerstandsthermometers Pt 100. Der *Kontaktregler RK 1 (GRW)* ist ein elektronischer PI-Regler für Schalttafeleinbau. Der Regler hat 5 galvanisch getrennte Eingänge für das Einheitssignal 0···5 mA oder 0···10 V, am Ausgang tritt das Spannungssignal ± 10 V auf.
Proportionalanteil und Integralanteil sind getrennt in weiten Grenzen einzustellen. Zusammen mit weiterem Zubehör kann man den Regler auch für schwierige Aufgaben verwenden. Zu regeln ist nur *eine* Größe. Die weiteren Eingänge dienen zum Aufschalten von Hilfsgrößen. Im System *Ursadyn* sind weiter zahlreiche Einheiten für analoge Regelungen enthalten, z. B. Verstärker, Sollwert-Spannungsquellen, Rückführungen usw.
Der universelle pneumatische Regler *Cronibal (RW)* ist ein analoger Regler in Bausteinausführung für Ein- und Ausgangsgrößen des Normaldruckbereiches (0,2···1 kp/cm^2). Neben verschiedenen Einsätzen wird ein *Leitgerät* (Soll-

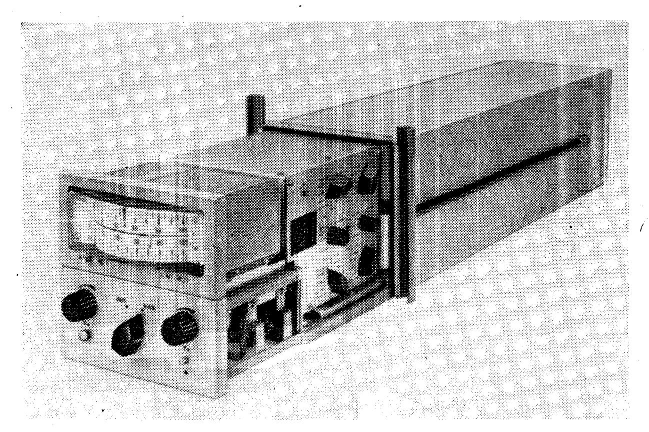


Bild 2.24 Kompaktregler *RK 1*

wertgeber mit Doppelmanometer und Hand-Automatik-Schalter) geliefert.

Für Regelstrecken, die durch Elektromotoren schrittweise beeinflußbar werden, ist der elektrische *Impulsregler IRP 1/G (Intron)* geeignet.

2.3.5. Pneumatische Informationswandlung

Von pneumatischen Einzelgeräten war schon wiederholt die Rede. Vor allem für explosionsgefährdete Anlagen ist ihre Verwendung sinnvoll. Wir wollen jetzt von pneumatischen Systemen sprechen, die auch für andere Zwecke, unter anderem als Bausteinsysteme zur Signalverarbeitung, benutzt werden.

Zunächst erhebt sich die Frage, warum sich der Amateur, der häufig von der Elektronik zur Rationalisierungstechnik kommt, mit pneumatischen Bauelementen beschäftigen sollte. Noch vor einigen Jahren war die pneumatische Signalverarbeitung ein wenig beachtetes Sondergebiet. Solche Geräte wurden vereinzelt im Werkzeugmaschinen-

bau benutzt. Seitdem hat sich aber die Anwendung pneumatischer Bausteine und Geräte auf viele technische Gebiete verbreitert. Man kann beobachten, daß viele Meß-, Steuer- und Regelaufgaben, die zunächst nichts mit Pneumatik zu tun haben, in zunehmendem Maße pneumatisch gelöst werden. Um die Frage „Elektronik oder Pneumatik?", die auch in der Rationalisierungspraxis immer häufiger auftaucht, sachgerecht entscheiden zu können, sind Kenntnisse auf beiden Gebieten nötig. Der Amateur, dem die pneumatischen Teile zunächst fremd sind, sollte den Wert dieser Technik keinesfalls unterschätzen. Es handelt sich nicht etwa um Teile veralteter Systeme, sondern durchweg um Neuentwicklungen, deren Bedeutung noch ständig wächst. Die Geräteindustrie der DDR, die auf diesem Gebiet eine führende Rolle spielt, bietet eine große Zahl von Bauelementen an.
Für die chemische Industrie ist, wie erwähnt, die Explosionssicherheit pneumatischer Geräte ein ausschlaggebender Vorzug. Durch Verwendung pneumatischer anstatt elektrischer Glieder entfallen die zeitraubenden Vorprüfungen und Abnahmeprüfungen. In vielen anderen Fällen geben der niedrige Preis der Pneumatikelemente, die sehr große Zuverlässigkeit und der geringe Wartungsaufwand den Ausschlag. Die Teile sind wenig empfindlich, sowohl gegen Überschreitung der Grenzwerte im Betrieb als auch gegen äußere Einflüsse, z. B. gegen starke Störspannungen, die bei Schaltvorgängen auftreten. Zu beachten sind auch die kurzen Lieferzeiten. Man wird pneumatische Verfahren u. a. dann bevorzugen, wenn die Meß- oder Regelgrößen als Drücke vorliegen, wie es z. B. in Kesselanlagen der Fall ist. Die Speiseluft steht häufig zur Verfügung. Allerdings muß die Luft sorgfältig von Wasser-, Öl- und Staubanteilen gereinigt werden.
Pneumatische Geräte und Systeme haben neben diesen Vorzügen auch kennzeichnende Nachteile. Vor allem ist die Signalübertragung nicht trägheitsfrei und nur auf begrenzte Entfernungen (100···200 m) möglich. Zum Steuern oder Regeln sehr schnell veränderlicher Größen sind pneuma-

tische Verfahren ungeeignet. Wenn pneumatische und elektrische Einrichtungen zusammenarbeiten, kann es leicht zu fehlerhaften Verknüpfungen binärer Signale kommen, weil das elektrische Signal trägheitsfrei, das pneumatische Signal dagegen mit einigen Zehntelsekungen Verzögerung übertragen wird. Hinzu kommt, daß das Verlegen vieler Pneumatikleitungen, auch in Form der erhältlichen mehrpoligen Pneumatikkabel, verhältnismäßig umständlich ist und Undichtigkeiten schwer zu finden sind. (Undichte Stellen werden nachgewiesen, indem ein druckführendes System abgeschlossen und der Druckverlauf mit einem Manometer verfolgt wird. Innerhalb von einigen Minuten darf kein merklicher Druckabfall auftreten.) Für ungeheizte Räume oder den Gebrauch im Freien sind pneumatische Geräte nur dann geeignet, wenn man den Wassergehalt der Luft herabsetzt (sog. Ausfrieren). Andernfalls gefriert das Kondenswasser in der Leitung und in den Geräten.
Wenn elektrische und pneumatische Geräte für Fälle verglichen werden, wo nicht eine Art von vornherein ausschlaggebende Vorteile hat (Elektronik: Fernübertragungsmöglichkeit, hohe Geschwindigkeit; Pneumatik: Ex-Schutz, keine Beeinflussung durch starke Störspannungen usw.), sollte man pneumatische Geräte vor allem dann bevorzugen, wenn die Messung, Steuerung oder Regelung am Ort oder in Warten erfolgen soll, die in der Nähe der technischen Einrichtung angeordnet sind. Der Preisvorteil fällt ins Gewicht, wenn sehr viele einfache Verknüpfungen von Binärsignalen vorgenommen werden müssen.
Wie wir noch sehen, lassen sich aber nicht allein die grundlegenden Schaltfunktionen darstellen, sondern es sind Zeitglieder, Zeitplangeber mit Lochstreifen usw. anzuwenden.
Pneumatische Einrichtungen sind daher oft weitaus vielseitiger als Einrichtungen, die aus den erhältlichen elektrischen Bausteinen, Ein- und Ausgabegeräten zusammengesetzt werden können.
Gegenwärtig befinden sich zwei Gerätesysteme im Angebot: das Normaldrucksystem, vor allem als Schaltsystem

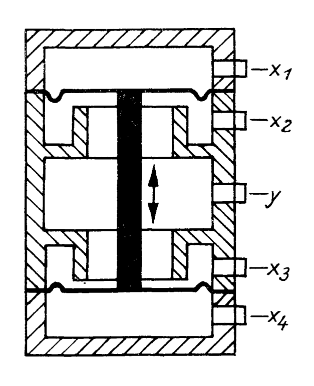
Dreloba, und das analoge Niederdrucksystem *Unalog.* Einrichtungen zur digitalen bzw. binären Steuerung im Normaldruckbereich, als Bestandteil des Ursamatsystems *Ursabran* genannt, führen die besondere Firmenbezeichnung *Dreloba* (Hersteller: *RW*). Das *Dreloba*-System ist ein reines Schaltsystem, es eignet sich also nicht für analoge Messungen oder Steuerungen. Es hat folgende Besonderheiten:

- geringe Baugröße,
- überwiegend schlauchlose Verbindungen (mit vielpoligen pneumatischen Steckverbindungen),
- kurze Schaltzeiten der Bausteine (Größenordnung Millisekunden),
- geringsten Wartungsaufwand, dabei hohe Zuverlässigkeit,
- Verwendbarkeit in weiten Temperaturbereichen und
- geringen Preis der Elemente.

Der aktive Grundbaustein von *Dreloba*-Elementen ist das Doppelmembranrelais (Bild 2.25.). Eingänge sind x1 bis x4, y ist der Ausgang. Wird beispielsweise x2 mit der Hilfsluftquelle ($p = 1 \cdots 1{,}4\ kp/cm^2$) verbunden und x3 sowie x4 offengelassen, so tritt ein Ausgangssignal $y = L$ auf, wenn $x1 = 0$ ist. Die beiden miteinander verbundenen Membranen bewegen sich nämlich nach oben und verschließen den Luftaustritt x3; damit tritt der Druck der Hilfsluft (x2) an y auf. Wenn dagegen $x1 = L$ ist, so halten sich die Kräfte, die auf die obere Membran wirken, im Gleichgewicht, so daß die Luft bei x3 entweicht und am Ausgang y nahezu der Druck 0 auftritt.

Das Element wirkt in dieser Schaltung hinsichtlich des Einganges x1 negierend. Dasselbe Element kann bei anderer Signalführung auch andere Arten logischer Verknüpfungen ausführen, z. B. die *Und*-Verknüpfung *(Konjunktion).* Ein zweites Grundbauelement ist das *Oder*-Glied *(Doppelrückschlagventil).* Es liefert ein Ausgangssignal, wenn mindestens einer der Eingänge den vollen Druck führt.

Bild 2.25
Schnitt durch ein Doppelmembranrelais



Ein Doppelmembranrelais hat etwa die Größe eines Spielwürfels. Um handliche Bausteine zu erhalten, werden mehrere Grundbausteine in ein Gehäuse eingebaut. Bild 2.26. zeigt solche Bausteine mit 3 Doppelmembranrelais bzw. 2 Relais und 2 Oder-Gliedern. Bei manchen der Bausteine werden die Elemente gemeinsam verwendet, d. h., sie sind untereinander verbunden, bei anderen sind sie unabhängig voneinander zu verwenden. Die Unterseite aller Bausteine hat einheitlich 55 Bohrungen. Die Bausteine werden entweder auf Anschlußblöcke oder auf Anschlußplatten mittels Dichtungen aufgesteckt, wie Bild 2.27. zeigt. Anschlußblöcke (links) sind vorgefertigte, aber nicht durchbohrte Körper, auf die oben und unten je ein Baustein aufgesetzt werden kann. Mehrere Blöcke lassen sich — ebenfalls ohne

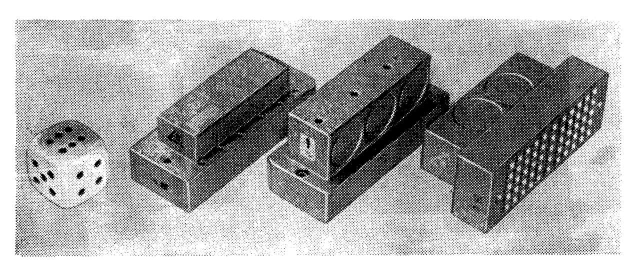


Bild 2.26 *Dreloba*-Bausteine, Würfel zum Größenvergleich

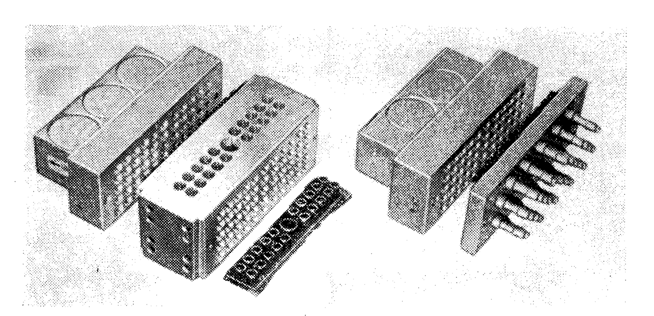


Bild 2.27 Anschluß von Dreloba-Bausteinen mit Anschlußblöcken oder -platten

Schlauchverbindungen — durch die seitlichen Anschlüsse miteinander verbinden. Je nach der Art der Bausteine und dem Zweck der Schaltung werden nach Unterlagen, die der Hersteller liefert, bestimmte Löcher durchgebohrt. Die Anschlußplatten (rechts) dienen zum Anschluß von Schläuchen. Man verwendet sie, wenn nur einzelne Bausteine erforderlich oder wenn für Versuche wenige Bausteine miteinander zu verbinden sind. Schlauchverbindungen ergeben wegen ihres Speichervermögens eine größere Trägheit. Die Funktionsgruppen mit jeweils mehreren Bausteinen werden in Gestellen angeordnet (Bild 2.28.).
Mit Dreloba-Bausteinen kann man alle logischen Schaltungen darstellen. Als Eingabeglieder dienen unter anderem Handschalter, Endlagenschalter, elektrisch-pneumatische Wandler, Grenzwertschalter für analoge pneumatische Signale — auch Niederdrucksignale — und pneumatische Lochstreifenabtaster.
Mit den Ausgangssignalen lassen sich Binärzeiger schalten, pneumatische Stellglieder bzw. verschiedene Zählerarten betätigen (unter anderem mit Vorwahl zum Abzählen einer Impulszahl) oder ein elektrisches Signal gewinnen. Bild 2.29. zeigt einige der Ein- und Ausgabegeräte. Der PI-Wandler mit einem Mikroschalter ist z. B. für 220 V 5 A geeignet (!). Pneumatische Verzögerungsglieder lassen sich entsprechend elektrischen Kondensatoraufladeverfah-

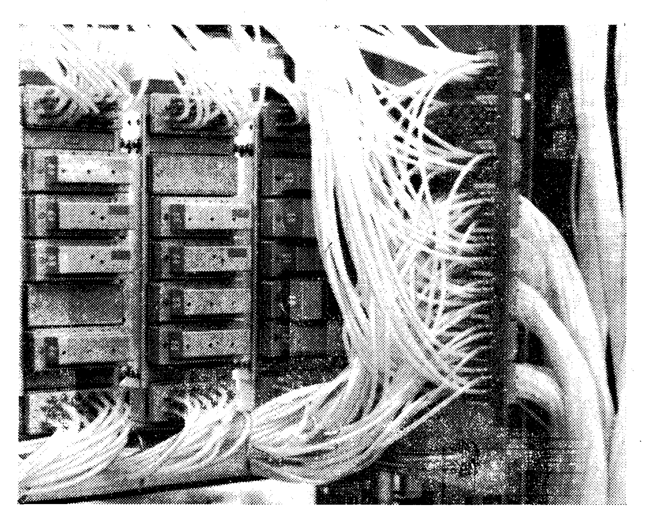


Bild 2.28 Anordnung von Dreloba-Gruppen in Gestellen

ren mit Speichern aufbauen. Für lange Zeit sind durch Uhrwerke angetriebene pneumatische Impulsgeber zu verwenden, diese Impulse werden in einem Zähler mit Voreinstellung summiert. Verzögerungszeiten von vielen Stunden lassen sich auf diese Weise mit einem Fehler von wenigen Sekunden erreichen. Sie können untereinander und mit anderen pneumatischen und elektrischen Gliedern vielfältig verbunden werden.

Pneumatikpumpen zur Hilfslufterzeugung liefern *GRW, Junkalor* u. a., Hilfsluftregler zur Erzeugung eines gleichbleibenden Vordruckes *RW.* Zubehör wie Hand-Wegeventile, Ventile für mechanische oder elektromechanische Betätigung, Pneumatik-Endlagenschalter usw. stellen *MZM* her. Kleine Pneumatik-Arbeitszylinder werden von *RW* angeboten.

Das *Unalog-System (GRW)* ist ein pneumatisches Niederdrucksystem mit dem Signalbereich 0···100 mm WS (rund 0,01 kp/cm^2). Dieses Gerätesystem ist vor allem zur analogen Meßwertverarbeitung bestimmt. Binärbausteine sind

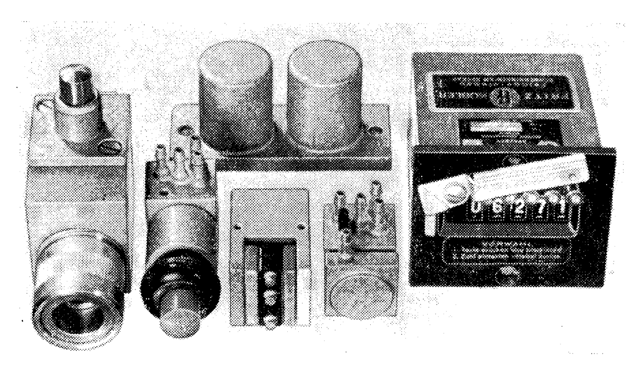


Bild 2.29 *Dreloba*-Zubehör, hinten Speicherbaustein, v. l. n. r. Endlagenschalter, Taster, PI-Wandler, Niederdruck-Normaldruck-Schalter, Impulszähler mit Voreinstellung

auch erhältlich, doch wird man ein reines Schaltsystem nicht aus Unalog-Teilen aufbauen. Die Unalog-Signale sind bisher nicht in das Ursamat-System aufgenommen worden, doch ist das kein Grund, diese Geräte nicht einzusetzen.
Vorläufer des Unalog-Systems ist das Niederdrucksystem *Unipneu* von *GRW/RW*, dessen wichtigste Teile Membranrechenverstärker waren (Bild 2.30. rechts). Der Druckbereich betrug ebenfalls 0···100 mm WS, jedoch waren die elektrischen Anpaßglieder für 0···20 mA bestimmt (Unalog: *URS*-Signal 0···5 mA. Das Niederdrucksystem hat grundsätzlich die früher genannten Vorteile pneumatischer Systeme, gegenüber dem Normaldrucksystem aber noch folgende Vorzüge:

— höhere Übertragungsgeschwindigkeit der Signale,
— geringe Fehler der Rechenbausteine, womit mathematische Operationen (Quadrieren, Radizieren usw.) für Regelungen möglich werden,
— sehr geringer Luftverbrauch,
— geringe Größe der Bausteine (100 Stück lassen sich auf 1 m^2 Schalttafelfläche unterbringen) und
— gute Kontrolle durch Manometer in jedem Baustein.

Oft lassen sich pneumatische Meßgrößen (Druckmessun-

gen, Durchflußmessungen mit Blende, Abstandsmessungen mit Düse-Prallplatte-System) unmittelbar als Eingangsgrößen verwenden.

Soweit sie nicht im Druckbereich von 0···100 mm WS liegen, muß man Meßwandler vorschalten. Diese Wandler werden in zahlreichen Ausführungen für Eingangsgrößen von 0···0,25 kp/cm² bis zu 0···640 kp/cm² sowie für Druckdifferenzen zwischen 0···±160 mm WS und 0···640 kp/cm² hergestellt. Ihr Ausgangssignal ist einheitlich 0···100 mm WS. Elektrische Meßgrößen lassen sich mit *Stromwaagen* in Niederdrucksignale umformen. Eines dieser Geräte hat z. B. eine Empfindlichkeit von 20 mm WS/mV bei $R_i = 120\,\Omega$, so daß bei einer Änderung von 0···5 mV der Signalbereich des Niederdrucksystems überstrichen wird. Da sich diese hohe Empfindlichkeit durch Spannungsteilung leicht herabsetzen läßt, ist nahezu jedes Gleichspannungssignal in einen proportionalen Druck umzuformen.

Unalog-Bausteine haben einheitliche Dimensionen (Bild 2.30.). Aus der großen Zahl der Bausteine (etwa 40 Arten) seien die P-, PD- und PI-Bausteine erwähnt, der Ferner-Baustein (nach *V. Ferner*) zum exakten Multiplizieren, Dividieren, Quadrieren und Radizieren, eine Reihe binärer Verknüpfungsbausteine, pneumatisch-elektrische Schalter sowie Übergangsbausteine zum Normaldrucksystem. Stellglieder werden in der Regel nicht mit Niederdruck, son-

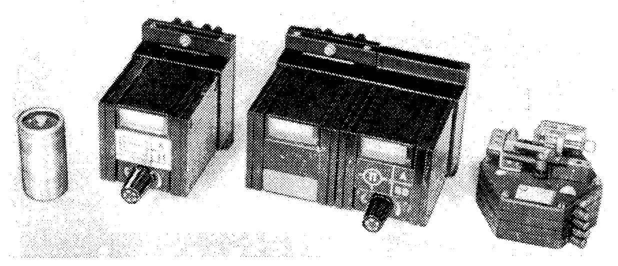


Bild 2.30 *Unalog-Bausteine,* rechts *Unipneu*-Membranrechenverstärker

dern mit Normaldruck betrieben. Für Versuchsschaltungen gibt es Tafeln mit einer Reihe von Bausteinen, die man beliebig miteinander verbinden kann. Niederdruckbausteine werden vor allem für schwierige Regelungen benutzt, wo verschiedene Meßwerte durch Rechnungen verknüpft sind. Sehr umfangreiche Aufgaben sind oft mit einigen wenigen Bausteinen zu erfüllen.
Niederdruck-Anzeigegeräte liefert *Matthes*, Registriergeräte, unter anderem auch mit elektrischen Grenzkontakten, *Wegener*.

2.3.6. Ausgabe von Informationen

Die analoge Ausgabe von Informationen an den Menschen erfolgt durch anzeigende Meßgeräte, die schon besprochen wurden. Zur binären Meldung benutzt man außer verschiedenen Arten von Meldeleuchten (*Dux* u. a.) Leuchtmelder nach Art des Bildes 2.31. *(EAW, Dobrulux)*, binäre Schauzeichen sowie kurze Wortanweisungen oder symbolische Darstellungen (Bild 2.32.).
Vor allem für Gefahrenmeldungen verwendet man auch akustische Signale. Zur Anzeige *digitaler* Werte lassen sich verschiedenartige Einrichtungen benutzen. Neben der einfachen Anzeige durch Glühlampen (Beispiel: Stellung eines Fahrstuhls) sind geeignet:

Ziffernprojektoren
12 Projektionssysteme mit jeweils einer Glühlampe 4 V in

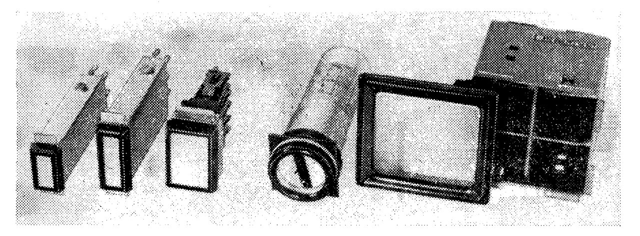


Bild 2.31 Leuchtmelder

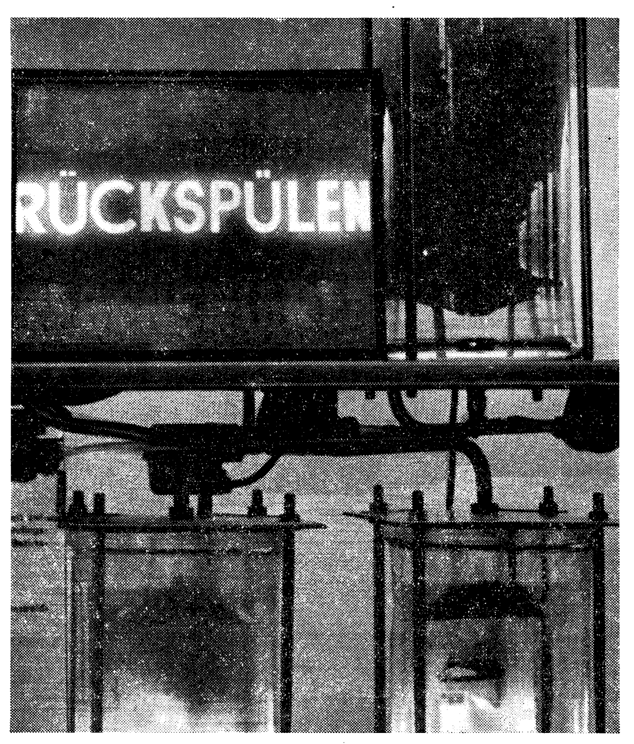


Bild 2.32 Binäre Signalausgabe durch Wortanweisung

einem Gehäuse. Zifferngröße 5 cm, bei völliger Dunkelheit sehr gut erkennbar, jedoch bei mäßiger Raumbeleuchtung unsichtbar.

Ziffern- und Zeichenanzeigeröhren

Bis zu 10 Glimmröhrensysteme in einem Kolben. Betriebsspannung mindestens 160 V—, nach besonderen Schaltungen aber durch 60-V-Transistoren kontaktlos zu betätigen. Zeichenhöhe 1,5 cm bis 5 cm, bei mäßiger Helligkeit sehr gut wahrzunehmen.

Mattscheibe mit leuchtenden Segmenten
Einfachste Form aus 8 Strichelementen für Ziffern 0···9, in dieser Form aber nur von Personen, die häufig ablesen, zu erkennen. Größe beliebig, daher vor allem für Großsichtanzeigen in Hallen usw. brauchbar. Nur für schwache Umgebungsbeleuchtung.

Glühlampenfeld
Für eine Ziffer bzw. ein Zeichen sind mindestens 25 Glühlampen (in quadratischer Anordnung) notwendig. Es lassen sich sowohl Ziffern als auch an derselben Stelle beliebige Zeichen wiedergeben. Selbst bei hellem Tageslicht ausgezeichnet zu erkennen, auch für Großsichtanzeigen. Der Lampen- und Schaltungsaufwand ist allerdings sehr groß. Die Lesbarkeit läßt sich oft durch periodisches Ein- und Ausschalten verbessern. Hersteller von Ziffernprojektoren: *MAS, WSSB,* von Ziffern- und Zeichenanzeigeröhren: *WF.* Die beiden zuletzt genannten Arten von Großsichtanzeigen werden, abgesehen von einer serienmäßig gefertigten Ausführung *(FWE),* häufig von den Rationalisatoren selbst hergestellt.

2.3.7. Zähler und Registriergeräte

Zähler sind einkanalige Geräte, die binäre Ereignisse fortlaufend summieren. Neben dem einfachen Geradeauszählen ohne Begrenzung lassen sich Zähler auch zum Abzählen einer vorher festgelegten Anzahl (Zähler mit Vorwahl oder Voreinstellung), z. B. für Dosierungen von Stückgütern, Flüssigkeiten oder Gasen, zur Mittelwertsbildung oder zum Integrieren einer zeitlich veränderlichen Größe, verwenden. Zur Auswahl von Zählereinrichtungen für elektrische Impulse sind die höchsten Zählfrequenzen, das erforderliche Fassungsvermögen und die zu erwartende Lebensdauer von Bedeutung. Der technische Aufwand steigt mit der Zählfrequenz sehr schnell an. Für zufällige Ereignisse ist als Zählfrequenz nicht die mittlere Frequenz, sondern die Fre-

quenz anzusetzen, die sich aus dem kürzesten Abstand zweier aufeinanderfolgender Impulse ergibt.
Für einen großen Teil praktischer Zählaufgaben reichen elektromechanische Zähler völlig aus. Erfahrungen mit veralteten, nicht ausreichend zuverlässigen elektromechanischen Zählern haben vielfach zu Vorteilen beigetragen. Eine unbefriedigende Arbeitsweise kann auch auf Schaltungsmängel, z. B. fehlende Impulsformerstufen, zurückzuführen sein. Das sollte nicht dazu führen, daß elektronische Zähler an Stellen eingesetzt werden, wo elektromechanische Zählgeräte ausreichen, da das sehr teuer wäre. Im Gebiet niedriger Zählfrequenzen haben elektronische Zähler nur dann eine Berechtigung, wenn zwischen zwei Impulsen eine Rückstellung auf Null erforderlich ist oder wenn im Dauergebrauch — beispielsweise bei ständig laufenden Dosiergeräten — die Lebensdauer der elektromechanischen Geräte schnell überschritten würde. Oft erweisen sich aber auch — wie im zweiten Fall — leicht auswechselbare, preiswerte elektromechanische Zähler als zweckmäßiger. Die Zuverlässigkeit elektronischer Zählgeräte, die wesentlich größer als die elektromechanischer Zähler ist, kommt in der Praxis oft nicht zur Geltung, da leicht Fehlzählungen infolge induzierter Spannungen, durch Prellen von Kontakten, mechanische Schwingungserscheinungen usw. auftreten.
Für niedrige Frequenzen (unter 5 Hz) reichen vielfach die bekannten *Gesprächszähler* aus, wenn eine Rückstellung auf Null nicht erforderlich ist. Mit *Schrittschaltwerken* kann eine geringe Zahl von Impulsen niedriger Frequenz summiert und als Kontaktstellung ausgegeben werden. Die Nullrückstellung erfolgt hier durch Vorwärtszählung bis in die Ausgangsstellung. Diese beiden Arten können keine höheren Forderungen hinsichtlich der Zuverlässigkeit erfüllen, doch sind sie sehr preiswert. Mehrere Firmen stellen mechanisch oder elektrisch rückstellbare mehrstellige Zähler her. Die maximalen Zählfrequenzen liegen zwischen 5 Hz und 200 Hz (!). Unter anderem werden Zähler angeboten, die vorwärts zählen und jeweils nach einer bestimmten

Impulszahl einen Kontakt schließen. Damit kann man sie als Impulsuntersetzer verwenden und als Zähler, die bis zu einer einstellbaren Zahl zählen, danach einen Kontakt schließen und in die Nullage zurücklaufen. Es gibt auch Zähler mit Vorwahl, die zwei Zählwerke aufweisen. Eines der Zählwerke zählt unbegrenzt vorwärts, das zweite von der eingestellten Zahl an rückwärts bis auf Null. Danach stellt sich das zweite Werk wieder auf die vorgewählte Zahl und liefert zugleich ein Signal. Aus elektromechanischen Zähldekaden mit Kontaktgabe, die bis 25 Hz zu verwenden sind (Bild 2.33.), lassen sich mehrstellige Zähl- und Steuereinrichtungen zusammenstellen.
Für alle Arten elektromechanischer Zähler ist ein vorgeschalteter Impulsformer empfehlenswert. Die Grenzfrequenz wird häufig für Rechteckimpulse mit dem Tastverhältnis 1 : 1 (Impulslänge = Pausenlänge) angegeben, nicht für nadelförmige Impulse, wie sie praktisch häufig vorkommen. Ein monostabiler Multivibrator unterdrückt auch zu dicht aufeinanderfolgende Störimpulse. Wenn der Spulenkreis durch Kontakte geschaltet wird, muß man bei höheren Frequenzen das Kontaktprellen unterdrücken, was ebenfalls mit einer Impulsformerstufe zu erreichen ist. Vor allem bei Zählern für höhere Frequenzen ist die Induktivität der Spulen bedeutend, so daß unbedingt eine

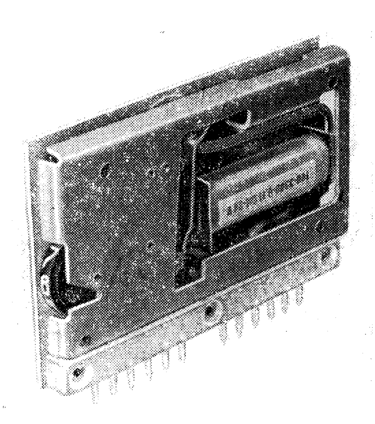


Bild 2.33
Elektromechanische
Zähldekade
mit Kontaktgabe

Funkenlöschung vorgesehen werden muß. Bei der Schaltung durch Transistoren ist eine Freilaufdiode (vgl. Teil I S. 57) zwingend erforderlich. Gegen Staub sind elektromechanische Zähler sorgfältig zu schützen. Die Lebensdauer, mit der zu rechnen ist, wird oft mit ungefähr $3 \cdot 10^7$ Impulsen angegeben.

Zu den weniger bekannten Anwendungen elektromechanischer Zähler gehört das Verwenden als Präzisionszeitglied. Zähler, die sich für $f = 50$ Hz eignen, werden mit einweggleichgerichteter Spannung betrieben, so daß sie 50mal in der Sekunde schalten. Durch Voreinstellen oder Vorwahl kann man die Impulszahl festlegen, bei der das Ausgangssignal gegeben werden soll. Da die Netzfrequenz Fehler unter $\pm$ 0,5 % aufweist, arbeiten diese Zähler beliebig lange mit einem Fehler unter 0,5 %. Um die Abnutzung geringer zu halten, ist es ratsam, bei Zeiten über 10 min vor dem Zählen die Impulszahl zu teilen. Das kann unter anderem durch einen Synchronometer mit Getriebe (vgl. S. 57) erfolgen, der präzise 1-s- oder 1-min-Impulse liefert. Die Differenz beträgt fast Null, wenn man nicht die Netzfrequenz als Impulsquelle verwendet, sondern das oft vorhandene Normaluhrnetz, das von einer Präzisionspendeluhr gesteuert wird.

Elektronische Zähler mit Kaltkatoden-Zählröhren, Transistoren oder Elektronenröhren sind bis zu den höchsten Zählfrequenzen erhältlich. Häufig ist eine Reihe von Besonderheiten vorgesehen, z. B. Eingangsimpulsformer und -verstärker, Vorwahleinrichtungen usw. Die Hersteller dieser Zähler liefern auch einzelne Zähldekaden. Soweit nicht 4···6 Dezimalstellen erforderlich sind, sondern beispielsweise nur bis 50 gezählt werden soll, ist es sinnvoller, aus zwei fertig gelieferten Dekaden selbst eine Zähleinrichtung zusammenzustellen, als einen Zähler mit vielen Dezimalstellen zu verwenden. Oft ist es zweckmäßig, einem elektromechanischen Zähler, dessen Grenzfrequenz nicht ausreicht, ein bis zwei elektronische Dekaden vorzuschalten. Dadurch wird auch die Lebensdauer des Zählers verzehnfacht bzw. verhundertfacht.

Hersteller: *MKH* (Gesprächszähler); *Dießner; Wiegand* (insbesondere Zähldekaden mit Kontaktausgang); *Lange* (hochwertige Zähler bis 200 Hz); *Massi* (vielseitiges Baukastensystem).
Elektronische Zähleinrichtungen: *Intron* (Ursalog-Zähldekaden); *WF* (1-MHz-Transistordekaden mit Zifferanzeigeröhre); *Vakutronik* (für Betriebszwecke besonders geeignete Zählröhrenzähler, u. a. auch für Batteriebetrieb); *FWE* (Laborgeräte bis zu höchsten Frequenzen).

Registrieren bedeutet in der Meß-, Steuer- und Regeltechnik, zeitabhängige Zahlenwerte oder Eigenschaften selbsttätig festzuhalten. Die Aufzeichnungen lassen Verläufe erkennen, die für das menschliche Auge zu schnell oder zu langsam vor sich gehen, und stellen unverfälschte Nachweise dar, was bei Störungen wichtig ist. Häufig wird eine kurvenmäßige Aufzeichnung des zeitlichen Verlaufes verlangt. Betriebsregistriergeräte für analoge Größen heißen *Linien-* und *Punktschreiber,* gemeinsam *Kurvenschreiber* genannt (Bild 2.34.). Ihr Preis ist verhältnismäßig gering, und die Kurven sind anschaulich. Allerdings gilt eine zahlenmäßige Auswertung als recht umständlich. Punktschreiber haben bis zu 6 galvanisch getrennte Eingänge. Mit *einem* Meßwerk kann man 6 unabhängige, langsam verlaufende Vorgänge gleicher Art aufzeichnen. Die einzelnen Spuren werden punktweise nacheinander gedruckt und unterscheiden sich durch ihre Farbe. Während Linienschreiber

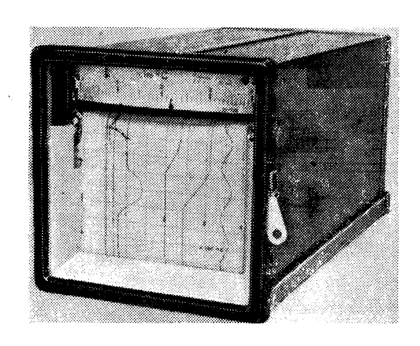


Bild 2.34
Sechsfach-Punktschreiber

mit Tintenfedern einen hohen Eigenverbrauch haben, können Punktschreiber mit geringem Eigenverbrauch und hoher Empfindlichkeit hergestellt werden, weil das Meßwerk nicht die Energie zur Bewegung des Schreiborgans auf dem Registrierpapier aufbringen muß. Die Zuverlässigkeit von Punktschreibern ist weit höher als die von Linienschreibern, und der Wartungsaufwand bleibt geringer, so daß man Punktschreiber bevorzugen sollte. Die Punktfolge liegt oft bei 20 s/Punkt, bei kompensierenden Geräten bei 10 · · · 1 s/Punkt. Welche Werte die Meßgröße zwischen den Punkten angenommen hat, läßt sich nicht erkennen; für schnell veränderliche Größen müssen daher Linienschreiber verwendet werden. Der Registrierfehler von Punkt- und Linienschreibern nach dem Ausschlagverfahren liegt bei 2,5 · · · 1,5 % des Endwertes. Kompensierende Punktschreiber mit 250 mm Schreibbreite können sogar 12 Vorgänge mit einem Fehler von 0,5 % oder 0,2 % registrieren. *Zeitschreiber* verwendet man zum Registrieren von Ein- und Ausschaltzeitpunkten für 6 · · · 12 binäre Kanäle.

Sowohl für Betriebszwecke als auch im Labor sind digitale Registriergeräte *(Zifferndrucker)* brauchbar. Sie lassen sich nicht allein als Bestandteil digitaler Meßeinrichtungen *(FWE, Vakutronik)* verwenden, sondern können auch für sich benutzt werden. Ihr Vorzug ist, daß sie Meßgeräte von nahezu beliebig vielen Meßfühlern nacheinander festhalten können.

Die Zahlenreihen sind zwar nicht anschaulich, dafür aber leicht auszuwerten. Zifferndrucker sind daher oft dann zweckmäßig, wenn Meßwerte von wesentlich mehr als

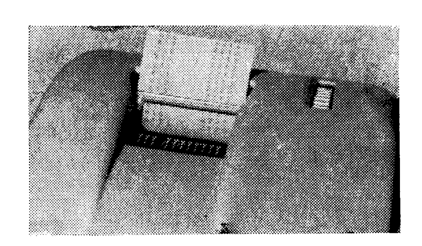


Bild 2.35
Aufzeichnung eines Zifferndruckers

12 Meßfühlern zu vorher bekannten Zeitpunkten, z. B. halbstündlich, festgehalten und die Werte zahlenmäßig ausgewertet werden sollen.
Ein Fehler durch das Auswerten der Aufzeichnung tritt nicht auf. Für manche Zwecke sind auch *fotografische Registrierverfahren* brauchbar. Sie erlauben es, eine Reihe von Meßgeräten, Kontrollampen usw. gleichzeitig aufzunehmen. Allerdings bedeutet die erforderliche Filmentwicklung eine gewisse Erschwernis. Es sind vor allem Kameras geeignet, bei denen der Film selbsttätig transportiert wird (*Prakti*, 8-mm-Kameras).
Reine Laborregistriergeräte sind *Schleifenoszillografen*, die zur fotografischen Aufzeichnung der Auslenkung von Meßschleifen mit Spiegeln dienen, und *Katodenstrahloszillografen* (*Oszilloskope* mit Fotokameras).
Hersteller von Kurvenschreibern: *MGW, EAW, MGZ.* Einen für Versuche in der Praxis gut geeigneten batteriebetriebenen Schreiber mit einer Grenzfrequenz von 100 Hz *(TSS-101)* bietet *MGZ* an. Schreiber für nichtelektrische Größen werden u. a. von *Wegener* geliefert. Zifferndrucker stellt *TM* her.
Im weiteren Sinne können zu den Registriergeräten auch Zähler gerechnet werden sowie analoge Summationseinrichtungen, z. B. „Betriebsstundenzähler" (Synchronmotoren mit mechanischen Zählwerken), die die Betriebszeit elek-

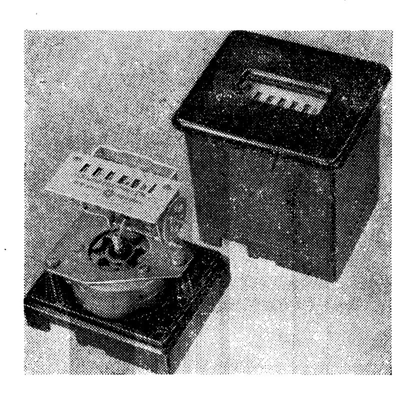


Bild 2.36
Betriebsstundenzähler, vorn geöffnet

trischer Geräte summieren und zur Kontrolle von Garantieverpflichtungen, zur Feststellung des Wartungszyklus und für ähnliche Zwecke zu verwenden sind (Hersteller: *EAW*).

2.4. Zubehör zu BMSR-Anlagen

2.4.1. Stromversorgung

Stromversorgungsgeräte haben die Aufgabe, die für Versuche und für den Betrieb benötigten Spannungen bereitzustellen. Häufig sind die Spannungen einstellbar und stabilisiert, so daß die Eingangsspannung der nachgeschalteten Geräte weder von Netzspannungsänderungen noch vom Verbrauch durch die Geräte beeinflußt wird. Oft ist eine elektronische Sicherung vorgesehen.

Stelltransformatoren (Hersteller: *TPW*) steuern Wechselspannungen verlustarm. Als Labor- oder Betriebsgeräte werden Trenntransformatoren für sekundär 0···280 V 1···6 A (Bezeichnung: *TRT ...*) und Spartransformatoren für 0···250 V max. 20 A (Bezeichnung: *RT ...*) geliefert. Offene Kleinausführungen für Einbauzwecke mit nur 83 mm Durchmesser *(SST, TST)* dienen zur stufenlosen Einstellung von Wechselspannungen im Bereich 0···42 V (50···150 VA).

Stabilisierte Stromversorgungsgeräte für Labor- und Betriebszwecke liefert in zahlreichen Ausführungen *Statron*. Unter anderem sind zu nennen

TG 20/1 und *20/6*	0,5···20 V— 0···1 A bzw. 0···6 A einstellbar, kurzschlußfest
303 D/1	0···300 V— 300 mA, in Stufen dekadisch einstellbar (Ausführung 303/1: stufenlose Einstellung). Parallel- und Serienbetrieb mehrerer Geräte möglich
220/0,45 W	wahlweise 4 V~, 6,3 V~, 220 V ~ ± 0,05 %, 100 W

220/2,25 W	220/V~ ± 0,05 % 1 kW
220/7 W	220 V~ ± 0,1 % (fein einstellbar ± 10 %), 1,5 kW

und verschiedene Ausführungen für höhere Spannungen (bis 25 kV).

Weitere Stromversorgungsgeräte sind: *Labornetzgerät 4 NG 1 (TPW)* mit 3 getrennten Ausgängen 0···300 V— 150 mA, dazu stabilisierte Wechselspannungen für Röhrenheizungen; *Transistor-Stromversorgungsgerät 3 TG 1 (TPW)* mit 3 getrennten Ausgängen 0···15 V— 4 A. Bei beiden Geräten können die einzelnen Ausgänge hintereinandergeschaltet werden. Das *Transistorspeisegerät TS 1 (EMD)* gibt 1···15,5 V— 1 A ab, die elektronische Sicherung ist auf 0,2···1 A einzustellen. Derselbe Hersteller bietet mehrere andere Ausführungen an.

Das *Speisegerät 2 TG 15/6 (FMH)* liefert 0···15 V— 12 A oder 0···30 V— 6 A und ist kurzschlußfest. Der motorbetriebene *Nachlaufregler NRA 220/10* eignet sich zur Stabilisierung von 220 V~ 9 A, wobei die Kurvenform der Spannung (im Gegensatz zu verschiedenen magnetischen Stabilisatoren) nicht verändert wird.
Hersteller: *TPW.*

Zum Speisen selbst hergestellter Geräte oder Baugruppen ist es oft zweckmäßig, anstatt besonderer Stromversorgungsgeräte *Stromversorgungsbausteine* zu benutzen. Solche stabilisierenden steckbaren Gruppen werden mit elektronischer Sicherung von *Statron* und *TPW* angeboten. Die Reihe der Bausteine *NB... (Statron)* mit eigenem Netztransformator liefern z. B. bei U = 6 V bis U = 24 V Ströme von 250 mA bis 1,5 A— bei einem Innenwiderstand von weniger als 20 mΩ. Die größte Ausgangsspannungsänderung liegt unter ± 0,1 %. Eine eingebaute elektronische Sicherung begrenzt den Kurzschlußstrom. Ähnliche Leiterplatten ohne Transformator werden in den Reihen *GNB* und *VNB* angeboten. Auch die Hersteller von Bausteinsystemen (*Ursalog, Translog* usw.) liefern verschiedene stabilisierte Netzteile.

2.4.2. Elektromagnete und -kupplungen

Elektromagnete verwendet man zum Erzeugen kurzer Linearbewegungen, z. B. zum Betätigen von Spanneinrichtungen. Die früher oft benutzten Ausführungen für Wechselspannung werden zunehmend durch Ausführungen für niedrige Gleichspannungen ersetzt. Sie lassen sich durch Transistorschaltungen betätigen. Wegen der hohen Induktivität muß eine Freilaufdiode benutzt bzw. ein kontaktgebender Schalter entstört werden. Für Elektromagnete ist der Begriff der relativen *Einschaltdauer (ED)* wichtig. Magnete mit ED = 25 % dürfen durchschnittlich 25 % der Zeit unter Spannung sein. Dazu wird die maximale Einschaltzeit angegeben. Wenn Magnete in größeren Abständen nur kurz anziehen sollen, wählt man Ausführungen mit 5 % ED oder 25 % ED, da sie bei gleichen äußeren Abmessungen wie Magnete für 100 % ED weitaus größere Kräfte liefern. Man muß aber auf die Gefahr achten, daß solche Kurzzeitmagnete bei wesentlichem dauerndem Einschalten zerstört werden. Ältere Ausführungen haben eine stark nichtlineare Weg-Kraft-Abhängigkeit; die Kraft nimmt während des Anziehens zu, so daß die bewegten Teile am Ende hart anschlagen. Für den Dauerbetrieb sind neuere Ausführungen *Fa. Kern)* mit einer günstigeren Charakteristik zweckmäßiger. Elektromagnete wirken meist

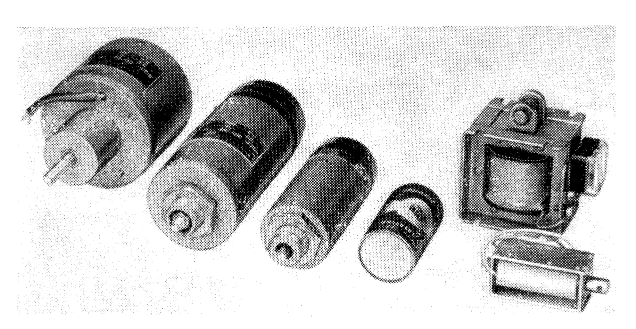


Bild 2.37 Hubmagnete, links: Kern, rechts hinten: *EGO*, rechts vorn: *WBG*

nur einseitig, so daß sie durch Federkraft oder einen zweiten Magneten zurückgestellt werden müssen. Für Rationalisierungsaufgaben ist vor dem Beschaffen eine Überschlagrechnung notwendig, die ergibt, ob eine bestimmte Ausführung für einen gegebenen Zweck zu verwenden ist. Unter der Annahme eines Wirkungsgrades von 80 % entspricht der elektrischen Leistung 1 W etwa 0,08 kpm/s. Ist es also z. B. nötig, innerhalb einer Sekunde die Arbeit 5 kp · 0,1 m = 0,5 kpm aufzubringen, so muß der Magnet mindestens 6,3 W haben. Um Handhebel durch Elektromagnete zu bewegen, sind oft unerwartet große Ausführungen nötig, weil die Wege häufig recht lang sind.

Magnetkupplungen werden vielfältig in Steuer- und Regelgeräten angewandt. Man fügt sie zwischen Antriebseinrichtungen und Abtrieb ein, wenn ein plötzliches Anlaufen und Stoppen erforderlich ist. Kleinere Ausführungen (Bild 2.38.) verwendet man z. B. für Nachlauf- und Kompensa-

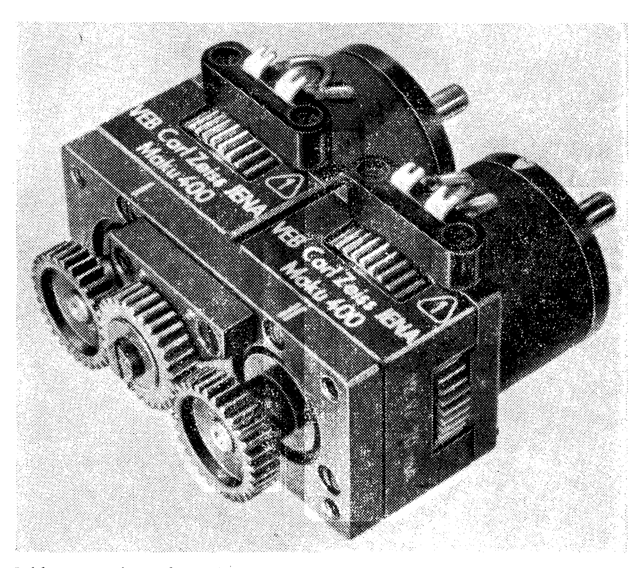


Bild 2.38 Relaisaufgetriebe

tionseinrichtungen. Größere Ausführungsarten dienen anstatt mechanischer Kupplungen zum Ein- und Ausrücken von Antrieben. Magnetkupplungen nutzen sich auch bei häufigem Schalten nur wenig ab. Der Antriebsmotor läuft dabei dauernd, und der Abtrieb wird gekuppelt oder getrennt. Je nach Ausführungsform sind 1···50 Schaltungen in der Sekunde möglich.

Hersteller: Wechselstromzugmagnete (6 Größen für 220 V~, Hub 1···6 cm, Anzugskraft bis zu 5 kp, höchstens 120 Schaltungen/h) werden von *EGO* angeboten. Die *Fa. Kern* liefert Gleichstromstoßmagnete in 7 Größen für 24 V—, Hub 0,25···5 cm, bis zu 1 kpm. ED = 5 % bis 100 %, ferner Doppelhubmagnete, die stromlos eine Mittelstellung einnehmen, und Umkehrhubmagnete, die stromlos die erreichte Endlage beibehalten. Kleine Hubmagnete für 2 V— bis 220 V— und Hübe von 3···7 mm (Kraft 15···75 p) werden von *WBG* geliefert. *Zeiss* bietet besonders kleine Magnetkupplungen für 12···100 V— und Drehmomente von 400 oder 1200 pcm an; als Relaislaufgetriebe „Relag" werden zwei Magnetkupplungen „Maku" kombiniert, so daß die Drehrichtung umgekehrt werden kann. Für größere Antriebe werden Magnetkupplungen von *Inducal* und *ED* geliefert.

2.4.3. Elektromotoren

Elektromotoren benutzt man in der Rationalisierungstechnik, wenn sehr große Kräfte (durch Untersetzung) erzielt werden sollen, wenn das angetriebene Teil exakt jede Zwischenstellung erreichen muß oder die Bewegungsgeschwindigkeit elektrisch gesteuert werden soll. Elektromagnete oder pneumatische Steuerkolben ermöglichen das im allgemeinen nicht. Außerdem werden Motoren über diese Steueraufgaben hinaus in bekannter Weise als Antriebsorgane verwendet. Zum Antrieb von Spanneinrichtungen u. dgl. sind Motoren zweckmäßig zu verwenden, wenn periodisch und ohne Abschalten des Motors die gleiche Bewegung auszuführen ist. Dagegen ist die Verwen-

dung von Elektromagneten o. ä. sinnvoller, falls in ungleichmäßiger Folge kleine Linear- oder Drehbewegungen erzeugt werden sollen.
Nach der Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie kann man Motoren zunächst in Synchronmotoren, deren Drehzahl bis zu einer gewissen Belastung konstant ist, und in Asynchronmotoren unterteilen. *Synchronmotoren* sind Wechselstrommotoren, deren Drehzahl ein festes Verhältnis zur Netzfrequenz bildet. Die Hilfswicklung ermöglicht meistens einen selbsttätigen, asynchronen Anlauf. Da die Frequenz des Netzes nur wenig veränderlich ist, benutzt man Synchronmotoren in Kleinausführungen, oft mit zugehörigen Untersetzungsgetrieben (Bild 2.39.), zum Antrieb von Programmgebern, Registriergeräten, Zeitmarkengebern usw. Wenn die Motoren gegen erhebliche Reibung oder andere Belastungen arbeiten müssen, können sie ständig asynchron laufen. Daraus ergeben sich erhebliche Fehler. Eine besondere Art von Synchronmotoren sind *Schrittmotoren,* die je Impuls eine bestimmte Winkeldrehung liefern *(MÖRZ).*
Kurzschlußläufer (Induktionsmotoren) sind Drehstrom- oder Wechselstrommotoren, auf deren Rotor keine elektrische Spannung übertragen wird. Sie sind daher äußerlich durch das Fehlen von Schleifringen bzw. Kollektor und Bürsten gekennzeichnet. Mit steigender Belastung des Motors nimmt die Drehzahl langsam ab. An Einphasenwechselspannung wird das erforderliche Drehfeld durch eine Hilfs-

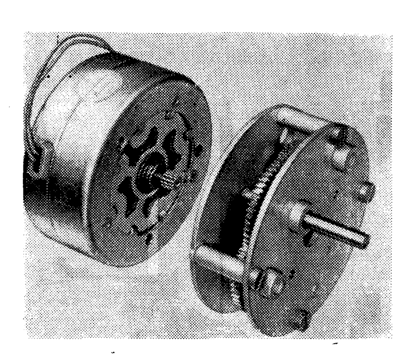


Bild 2.39
Mörz-Synchronmotor
mit Getriebe 1 U/min

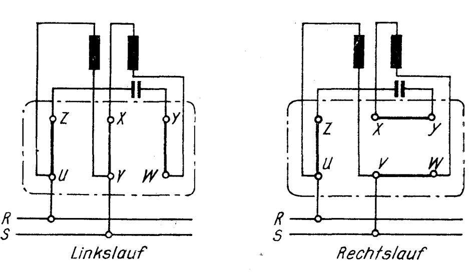


Bild 2.40 Schaltung eines Induktionsmotors an Einphasenwechselspannung

phase, die einen äußeren Kondensator (MP-Kondensator von etwa $C = 1 \cdots 8\,\mu F$) erzeugt, hervorgerufen. Die Drehrichtung läßt sich durch Umschalten des Kondensators ändern (Bild 2.40.). Dagegen kann man mit einfachen Hilfsmitteln die Drehzahl nicht steuern. Induktionsmotoren werden wegen ihres robusten Aufbaues überall dort verwendet, wo die Drehzahl geringere Bedeutung hat. Sie können unter Last anlaufen und erreichen auch ohne Last höchstens die synchrone Drehzahl (Schlupf: Null).

Kommutatormotoren sind Gleich- oder Wechselstrommotoren mit Stator- und Rotorwicklung. Sind beide Wicklungen parallelgeschaltet, so spricht man von *Nebenschlußmotoren,* sind sie hintereinandergeschaltet, von *Hauptschluß- (Reihenschluß-)*Motoren. Hauptschlußmotoren haben beim Anlaufen ein besonders großes Drehmoment. Sie dürfen aber nicht ohne Last betrieben werden, weil sich anderenfalls die Drehzahl bis zur Zerstörung des Motors vergrößert. Die Drehzahl von Nebenschlußmotoren sinkt mit wachsender Belastung. Bei voller Last laufen sie schlecht an. Die Stromstärke, die durch Kommutatormotoren fließt, ist im Stillstand am größten. Sie dürfen nicht längere Zeit blokkiert sein, weil sie sich sonst unzulässig erwärmen. Größere Motoren startet man durch stufenweises Ausschalten eines Vorwiderstandes (Anlassers). Die Drehzahl von Kommutatormotoren läßt sich durch Ändern des Anker- oder des Feldstromes (mit veränderlichem Vorwiderstand oder Stelltrafo) leicht in weiten Grenzen verändern.

Induktions- und Kommutatormotoren werden in äußerlich nicht zu unterscheidender Ausführung als Getriebemotoren mit angebautem Zahnradgetriebe geliefert (Bild 2.41.). Ferner können Magnetbremsen und Endlagenschalter vorgesehen sein. Bei starken Untersetzungen müssen stets zuverlässige Endausschalter an den angetriebenen Teilen angebracht sein, um Linearbewegungen u. dgl. zu begrenzen. Sonst können beim Überfahren der Anschläge selbst durch kleine Motoren schwere Maschinenschäden entstehen, weil die Kräfte durch die Untersetzung sehr groß sind.

Besondere Motorenarten sind Ferrarismotoren und Drehmelder.

Ferrarismotoren sind Einphasen-Induktionsmotoren mit besonders leichtem Läufer. Sie können sehr schnell anlaufen und lassen sich bei voller Drehzahl in Sekundenbruchteilen umsteuern.

Ferrarismotoren können beliebig lange blockiert werden, ohne daß sie sich unzulässig erwärmen. Man verwendet sie daher oft für selbstkompensierende Brücken und andere Steuer- und Regelaufgaben.

Drehmelder sind Induktionsmotoren, die paarweise als „elektrische Welle" eingesetzt werden; beide Läufer nehmen im unbelasteten Zustand dieselbe Winkellage ein.

Hersteller von Synchronmotoren: *Mörz* (375 U/min, teilweise elektrisch umsteuerbar, dazu passende Getriebe für 1···15 U/min am Abtrieb;) *EMH* (3000 U/min, am Abtrieb 1···6 U/min).

Hersteller von Getriebemotoren: *EMH* (Ein- bis dreistufige Induktions- und Kommutatormotoren für 220/380 V~ bis

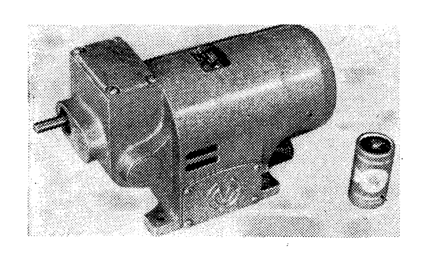


Bild 2.41
Zweistufiger Getriebemotor (*EMH*)

zu 12 V– 416···0,05 U/min am Abtrieb, 3,5···20 kpm); *EMT* (stufenlos steuerbare Motoren 0,12···5,5 kW und Bremsmotoren). Mittlere Antriebe (0,4···7,5 kW) für Stellzwecke liefert *MAW.*

Ferrarismotoren und Drehmelder: *EMH, EMZ* und *EMW.* Zur stufenlosen Drehzahlregelung von Motoren stellt *Elpro* das Bausteinsystem *Transresch* her. Die mit Thyristoren ausgestattete Variante für Motoren von 3,2 kW an wird *Thyresch* genannt.

Elektrohydraulische Betätigungsgeräte (Elhy) sind Kombinationen von Elektromotor, Pumpe und Hydraulik-Arbeitszylinder in einem Gehäuse. Sie ergeben geradlinige, stoßfreie Bewegungen von einigen Zentimetern bei Kräften von 45···400 kp.

Hersteller: *EMO.*

2.4.4. Stellglieder

Stellglieder sind Teile einer Steuer- oder Regeleinrichtung. Sie greifen in den Massestrom oder Energiefluß ein. Häufig bezeichnet man als Stellglieder die Glieder mit mechanischem Ausgang. Die Antriebe dieser Stellglieder können durch Elektromagnete und -motoren oder auch pneumatisch und hydraulisch erfolgen. *Pneumatische* Stellorgane benutzt man für verhältnismäßig kleine Linearbewegungen und geringe Kräfte. *Membranventile,* deren Antrieb pneumatisch durch Normaldruck erfolgt, der auf eine großflächige Membran wirkt, werden als Stellglieder zu pneumatischen Reglern verwendet. Sie arbeiten stoßfrei und sind preiswert; auch erfordern sie nur wenig Wartung. Je nach Bauart öffnen oder schließen Membranventile beim Ausbleiben der Druckluft durch Federkraft. Man wählt eine Ausführung, durch die im Störungsfalle der ungefährliche Zustand hergestellt wird (z. B. Dampfventil geschlossen, Kühlwasserventil geöffnet). Kleine pneumatische *Arbeitszylinder* finden vielfach an Arbeitsmaschinen Verwendung.

Pneumatische Stellglieder lassen sich u. a. auch durch elektromagnetisch betätigte Ventile (Bild 2.42.) steuern.

Hydraulische Stellorgane mit Öl als Druckmittel nutzt man, wenn große Kräfte aufgebracht werden müssen. Hydraulische Arbeitszylinder eignen sich besonders zum Erzeugen langer Linearbewegungen. Durch Umsteuern lassen sich in beiden Bewegungsrichtungen Kräfte ausüben. Axialkolbenmotoren sind hydraulische Antriebselemente, die Drehbewegungen erzeugen. Sie zeichnen sich durch weite Drehzahlbereiche und im Verhältnis zum erzeugten Drehmoment geringe äußere Abmessungen aus. Hydraulische Getriebe gestatten stufenlose Drehzahlsteuerungen. Alle hydraulischen Einrichtungen zeichnen sich durch geringsten Wartungsbedarf und kleinen Verschleiß aus.

Für Stellventile zur analogen Beeinflussung eines Flüssigkeits- oder Gasstromes, sogenannte *Regelventile,* ist der Zusammenhang zwischen Ventilhub und der durchfließenden Menge von Bedeutung. Man unterscheidet zwei Arten, die *lineare* und die *gleichprozentige* (annähernd quadratische) Kennlinie. Für Mengenregelungen bevorzugt man oft lineare Ventilkennlinien, für Druckregelungen dagegen gleichprozentige Kennlinien. Die Auswahl von Stellventilen ist keine untergeordnete Angelegenheit, sondern kann die Wirkung von Steuer- und Regeleinrichtungen ausschlaggebend beeinflussen. *Positioner* oder *Stellungsmacher* sind Zubehörteile für Membranventile, die auch bei kleinen Druckänderungen für die entsprechende kleine Antriebs-

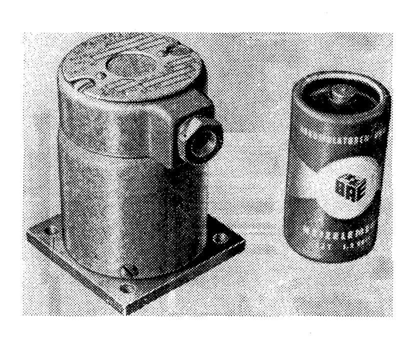


Bild 2.42
Elektromagnetisch betätigtes Pneumatikventil (*Kern*)

bewegung sorgen. Durch Regeln werden Reibungseinflüsse u. dgl. unwirksam gemacht. Sie erlauben es auch, die wirksame Ventilkennlinie zu verändern.
Hersteller von binär wirkenden Ventilen: *Mertik* (Nennweite NW 1,5···10, Nenndruck ND 1,5···25 — die Nennweite wird in mm, der Nenndruck in kp/cm^2 angegeben-, Betätigung durch 12 V— bis 380 V~); *Kern* (NW 2,5···4, ND 1···6,3 für Pneumatik); *MZM* u. a.
Hersteller analog wirkender Ventile mit elektrischem Antrieb: *IAL, RW, Steremat, WTI* u. a. Membranventile werden unter anderem von *RW, IAL, GRW* geliefert, hydraulische Teile über den Leitbetrieb *HL* (Orsta-Baukastensystem).

2.4.5. Zusatzgeräte für Meß- und Steuereinrichtungen

Zum präzisen Messen von Größen, vor allem zum Prüfen elektrischer Meßgeräte, werden Normale benötigt. *Normale* sind Gegenstände, die einen bekannten Wert einer elektrischen Größe darstellen. Zur Einrichtung jedes Meßplatzes sollten mindestens ein Satz Dekadenwiderstände oder ein Kurbelwiderstand und ein Normalelement gehören. Besteht die Meßaufgabe im präzisen Feststellen von Kapazitäten, sind Kapazitätsnormale erforderlich usw.
Technische Dekadenwiderstände 0,1 Ω···100 kΩ (vgl. Bild 2.43.) werden von *MAS* geliefert. Der Fehler beträgt ± 0,1 % bei $R > 10\,\Omega$, ± 0,5 % bei $R \leqq 1\,\Omega$. Die Belastbarkeit hängt vom Widerstandswert ab, z. B. bei R = 10···100 Ω I_{max} = 1 A, R = 10···100 kΩ I_{max} = 10 mA. Jede Dekade ist als Spannungsteiler zu verwenden. Mehrere Dekaden können durch die mitgelieferten Verbindungsleisten hintereinandergeschaltet werden. Präzisionskurbelwiderstände (je 6 Dekaden, Fehler ± 0,02 %) und einzelne Normalwiderstände (0,1 mΩ···100 kΩ, beglaubigungsfähig) stellt *MTM* her.
Beglaubigungsfähige Normalluftkondensatoren (Ulrich) werden in Stufen zwischen 0,01 pF und 100 nF geliefert. Derselbe Hersteller bietet Styroflex-Kondensatordekaden

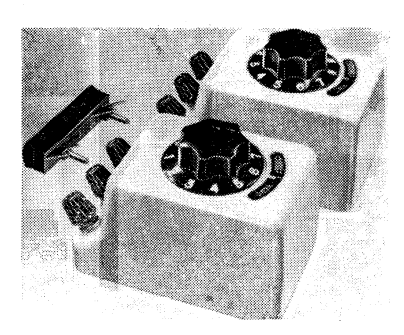


Bild 2.43
Technische Dekadenwiderstände
mit Verbindungsleiste

1 nF···1 μF ± 1 % und Widerstandsnormale an. *Induktivitätsnormale* liefert als Sätze mit 7···13 Stück im Bereich von 1 μH···10 H *FWE. Normalelemente (Eltro)* nach Weston werden mit oder ohne Gehäuse angeboten. Ihre Spannung beträgt U = 1,018 V bei 20 °C, der Fehler liegt bei ± 0,01 %. Die Klemmenspannung darf keinesfalls, auch nicht kurzzeitig, mit gewöhnlichen Spannungsmessern gemessen werden.

Bei einem Stromverbrauch von mehr als 1 μA sinkt die Spannung ab, und das Normalelement verändert sich bleibend. Die Elemente dienen nur als Vergleichselemente für Kompensatoren, wo die Stromstärke nahezu Null ist. Für praktische Zwecke vorteilhafter sind Stabilisatorschaltungen mit Z-Dioden.

Als *Elektronisches Spannungsnormal N 5 (Statron)* wird z. B. ein Normal für die feste Spannung 5 V ± 0,003 % geliefert. Die zulässige Stromstärke ist 10 mA, so daß Geräte nach dem Ausschlagverfahren unmittelbar überprüft werden können.

Auch auf anderen Gebieten der Meßtechnik mit elektrischen Hilfsmitteln gibt es Normale, z. B. Normalwiderstandsthermometer *(TWG)*. Mit ihnen kann man Temperaturen von 0 bis 600 °C auf ± 0,3 grd messen.

Abschließend noch einige wichtige Zubehörteile für Steueranlagen: *Strömungswächter* können beim Unterschreiten einer gewissen Mindestgeschwindigkeit von Flüssigkeiten, oft Kühlwasser, einen elektrischen Kontakt schließen oder

öffnen. Dadurch werden Schäden verhindert, die beim Ausbleiben von Kühlwasser entstehen könnten. Der Kontakt kann unmittelbar Gegenmaßnahmen einleiten, z. B. eine Heizung ausschalten, über ein Magnetventil die Dampfzuführung unterbrechen usw.

Hersteller von Strömungswächtern: *RWR, Steremat, Zeiss, PGW* (Schwebekörperprinzip). Das Vorhandensein von Kühlwasser kann auch mit Druck- oder Temperaturwächtern in der Ableitung (nicht der Zuleitung) nachgewiesen werden. Überhitzungen lassen sich auch unmittelbar durch binäre Temperaturmessung (*Wetron* u. a.) feststellen.

Durchlaufende *Schaltuhren* (Taktgeber) braucht man, um ständig wiederholte, allein von der Zeit abhängige binäre Vorgänge zu steuern, z. B. Nachtspeicheröfen jeweils um 22 Uhr ein- und um 6 Uhr auszuschalten. Von solchen Schaltuhren wird – anders als von Verzögerungsgliedern – eine außergewöhnliche Genauigkeit erwartet. Man verlangt beispielsweise, daß im Laufe von mehreren Wochen nur so geringe Fehler auftreten, daß sich ein Nachstellen erübrigt. Beim Antrieb durch Synchronmotoren kann schon ein täglicher Zeitfehler von 5···10 min auftreten. Neuere Ausführungen erreichen mit elektrisch aufgezogenen Uhr-

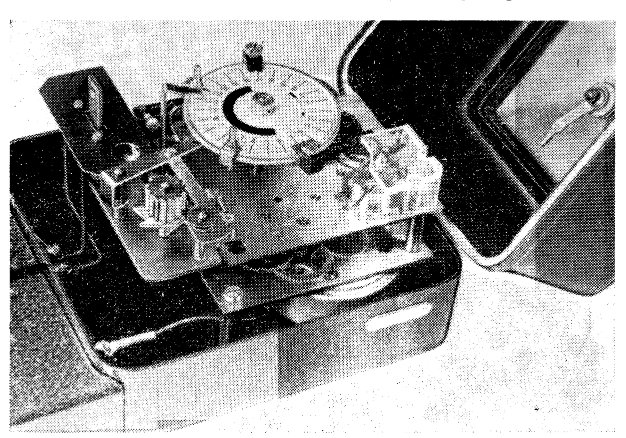


Bild 2.44 Schaltuhr, geöffnet

werken einen Fehler von etwa 10 min im Monat (!). Solche Schaltuhren sind übrigens nach geringfügigen Änderungen auch gut als Taktgeber für viele andere Zwecke zu verwenden.

Hersteller von Schaltuhren: *Tittel, EFM, Seidler.*

Zum selbsttätigen Durchschalten eines von sechs getrennten elektrischen Eingängen für beliebige Meß- und Steuereinrichtungen kann man den *Meßstellenumschalter AMU 1 (MGW)* verwenden.

Die Geko-Relais schalten maximal 100 V 15 VA. Das Weiterschalten erfolgt entweder durch einen von außen kommenden 6-V-Impuls oder zyklisch durch einen auf 2···15 s einstellbaren Taktgeber. Das zugehörige Netz- und Versorgungsgerät muß besonders bestellt werden. Einen Umschalter für 20 (50) Meßstellen liefert *SAD* unter der Bezeichnung *MU 121.* Der Umschalter *8801 (FWE)* ist zum zweipoligen Durchschalten von 100 (1000) Meßstellen geeignet.

Füllstandsmeß- und Regeleinrichtungen für Wasser und wäßrige Flüssigkeiten beruhen oft auf Leitfähigkeitsmessungen. Hierzu werden u. a. korrosionsgeschützte Fühlerelektroden geliefert *(Aegir, Intron).* Nach dem Auftriebsprinzip arbeiten die Flüssigkeitsstandregler 650... von *Mertik* und Geräte von *Steremat.* Zum berührungslosen Füllstandsmessen stark aggressiver Medien eignet sich ein Gerät, das mit radioaktiven Isotopen die Füllstände stufenlos mißt *(Vakutronik).*

Zum Überwachen rotierender Teile wie der Walzen von Förderbändern, von Mischern usw. sind neben Tachometergeneratoren einfache Kontrollgeräte mit Binärausgang geeignet, soweit es sich nur um die Anzeige bzw. Signalgabe beim Über- oder Unterschreiten einer Grenzdrehzahl handelt. Solche *Umlaufkontrollgeräte* werden von *FMD* (für 5···1000 U/min), *Lange* und *EGM* hergestellt. Bei nicht zu großen Ansprüchen kann man einfachste Baugruppen dieser Art (z. B. mit bewegtem Dauermagnet, der in einer Spule eine Wechselspannung erzeugt) auch selbst herstellen.

3. Rationalisierungspraxis

3.1. Binäre Überwachung einer Größe

Eine häufige Aufgabe der Rationalisierungstechnik ist, eine stufenlos veränderliche Größe (Temperatur, Spannung usw.) auf die Einhaltung gegebener Grenzwerte hin, also binär, zu überwachen. Häufig wird eine Signalisierung des unerwünschten oder gefährlichen Zustandes verlangt. Häufig ist es aber zweckmäßiger, das Grenzwertsignal zur Einleitung einfacher Gegenmaßnahmen zu verwenden. Anstatt eine Meldung an den Bedienungsmann zu geben, der daraufhin Schalter usw. betätigt, kann selbsttätig eine Pumpe oder eine Heizung ein- bzw. ausgeschaltet werden. Damit erhöht sich die Sicherheit. Eine Meldung kann außerdem erfolgen, da häufig, selbst wenn zunächst grobe Schäden vermieden werden, ein Eingreifen von Hand nötig ist.
Bei solchen Überwachungsaufgaben sollte man versuchen, binäre Signale am Meßort selbst zu gewinnen. Häufig erweist es sich als unzweckmäßig, die Größe analog zu messen und dieses Signal binär zu bewerten, soweit nicht besondere Gründe den Umweg erfordern. Der Betreiber fordert eine Anzeige am Meßort selbst. Die örtliche Anzeige verliert jedoch immer mehr an Bedeutung, da das Bedienungspersonal die Meßwerte ohnehin nicht regelmäßig ablesen kann. Zum Überwachen von Werten, die nur in seltenen Ausnahmefällen bestimmte Grenzen über- oder unterschreiten, ist ein Bedienungsmann, der ständig die gleichen Geräte zu beobachten hat, falsch eingesetzt.
Wenn der Betreiber keinen Gesamtüberblick über die vorhandenen Möglichkeiten hat und nur eine Anzeige fordert sollte man auf die Möglichkeit hinweisen, daß beim Erreichen von Grenzwerten selbsttätig Schaltvorgänge ausgelöst werden können.
Anstatt analoger Zustandsanzeigen technischer Anlagen

reicht häufig eine binäre Signalgabe aus (Druck vorhanden/nicht vorhanden, Behälter voll/leer).
Wenn eine analoge Anzeige und die Grenzwertgabe erforderlich sind, wird man Geräte verwenden, die zugleich beide Aufgaben erfüllen können, z. B. Manometer mit Kontakt, elektrische Anzeigegeräte mit Zeigerabtastung, Kontaktthermometer usw. Dort, wo keine örtliche Anzeige benötigt wird, verwendet man die preiswerten binären Fühler, z. B. Temperatur- und Druckwächter, Bimetallschalter, Leitfähigkeits-Grenzkontakte, Überstrom- und Unterspannungsrelais usw. Anzeigende Geräte mit analogen Ferngebern, z. B. Manometer mit Widerstandsgeber, sind zur binären Überwachung ganz unzweckmäßig.
Die Anzahl der binären Signale soll vor allem bei einer ausgedehnten Anlage nur so groß wie unbedingt nötig sein.
Akustische Signale sprechen einen großen Personenkreis an, sind in einem Raum überall wahrzunehmen und erfordern im Wartezustand nur geringe Aufmerksamkeit. Sie werden deshalb für dringende, viele Beschäftigte betreffende Meldungen, beispielsweise Alarmmeldungen, benutzt. Bei Lärm erweisen sich optische Meldungen (z. B. starker blinkender Scheinwerfer) als wirksamer. Die meisten optischen Signale wenden sich nur an wenige und setzen eine höhere Aufmerksamkeit voraus. Für Signale, die eine bestimmte Handlung erfordern, sollen blinkende Lampen benutzt werden. Zu vermeiden ist ein unbegründetes, dauerndes Blinken von Lampen, da dieses die Aufmerksamkeit herabsetzt. In Tafeln sollen in jedem Falle die üblichen Signalfarben verwendet werden: Eine rote, blinkende Lampe kann stets nur einen gefährlichen Zustand bedeuten, der einen Eingriff erfordert, während eine ruhig brennende grüne Lampe den ordnungsgemäßen Dauerzustand anzeigt. Die Verwendung der Verkehrsfarben Rot, Gelb, Grün mit anderen Bedeutungen kann zu folgenschweren Täuschungen führen.
Wenn mehrere verschiedene Ereignisse wahlweise zu melden sind, brauchen nicht unbedingt ebenso viele Aufgabegeräte (Meldeleuchten usw.) verwendet werden. Mit einer Lampe kann man mindestens 4 Zustände unterscheiden (er-

loschene, ruhig brennende oder mit unterschiedlicher Frequenz blinkende Lampe). Ebenso lassen sich mehrere akustische Meldungen, die sich in ihrer Frequenz oder dem Einschalttakt unterscheiden, durch einen Lautsprecher wiedergeben. Vor allem *akustische* Signale müssen sich von Hand abschalten lassen. Weist das Signal auf eine dringende Handlung hin, baut man die Schaltung so auf, daß sich durch den Handeingriff die Signalgabe für eine gewisse Zeit unterbinden läßt. Dieser Zeitabschnitt muß etwas länger sein als der Zeitraum, den man zur Ausführung der Handlung braucht.
Danach wird das Signal selbsttätig von neuem gegeben, ohne daß man es diesmal abstellen kann.
Eine andere Möglichkeit der nachhaltigen akustischen Meldung, die die Anwesenden nur wenig belästigt, ist das stufenweise Erhöhen der Lautstärke, bis die Bedienungshandlung erfolgt. Es lassen sich auch optische Meldungen mit akustischen Meldungen koppeln. Zuerst wird ein Lichtsignal eingeschaltet; erfolgt der notwendige Eingriff nicht, folgt ein akustisches Signal. Geschieht auch daraufhin nichts, so erhält nach einer bestimmten Zeit die zentrale Stelle (Meisterraum usw.) ein Notsignal, und das Gerät oder die Anlage schaltet sich selbsttätig ab. Der Aufwand für solche Schalteinrichtungen mit logischen und zeitlichen Bedingungen ist verhältnismäßig klein. Dem Rationalisator mit elektronischen Erfahrungen und Kenntnissen bieten sich dabei viele Betätigungsmöglichkeiten. Jeder Teil der Schaltungen muß sinnvoll sein und sich in der Praxis bewähren. Was in solchen Fällen wünschenswert und zweckmäßig ist, stellt sich häufig erst während des Betriebes heraus.

3.2. Überwachen gleichartiger Meßstellen

Nicht selten gilt es, eine Anzahl räumlich benachbarter Meßstellen gleicher Art zu überwachen und die Meßergebnisse z. B. zur Zweipunktregelung heranzuziehen. Besonders

häufig werden Mehrstellentemperaturmessungen und -regelungen nötig, beispielsweise zum Überwachen mehrerer Trockenöfen, geheizter Kessel, zur Temperaturkontrolle von Spinnlösungen in Kunstseidespinnereien usw. Je eine Prüfeinrichtung und Regelung ist immer dann bei weitem zu aufwendig, wenn sich die Meßgröße nur langsam ändern kann und daher eine Messung in gewissen Zeitabständen ausreicht. Anstatt vieler einzelner Kontaktgeber, Zweipunktregler usw. faßt man alle Meßstellen zusammen.
Die einzelnen Fühler werden nacheinander mit der Zentraleinheit (Regler, Warnanlage usw.) verbunden. Man braucht daher nicht ebenso viele Geräte wie Meßstellen, sondern nur *ein* Gerät. Die Umschalteinrichtungen, die nacheinander den Meßfühler mit dem Zentralgerät verbinden, verursachen je Meßstelle nur geringe Kosten. Eine Erweiterung auf eine größere Anzahl von Meßstellen ist leicht möglich. Diese Art der zentralen Überwachung kann sich schon bei 3···4 getrennten Meßfühlern lohnen.
Bei Grenzwertüberwachungen werden nur die Eingänge des Zentralgerätes umgeschaltet; am Ausgang liegt für alle Über- oder Unterschreitungen eine Signaleinrichtung. Beispielsweise soll gewährleistet sein, daß in mehreren Trokkenschränken die Temperatur t1 nicht überschritten, die Temperatur t2 nicht unterschritten wird. Wenn t1 und t2 gelegentlich wechseln, benutzt man ein anzeigendes Meßgerät mit einstellbaren Grenzkontakten (vgl. unter 2.3.2.) als Zentralgerät. Nacheinander wird nun der Meßfühler 1, der Fühler 2 usw. mit diesem Gerät verbunden.
Die Dauer des Durchschaltens muß ausreichen, daß der Zeiger seine Endlage einnehmen kann. Beim Über- oder Unterschreiten der Temperaturgrenzen gibt das Gerät ein Warnsignal ab. Die Trägheit des Ausganges muß man im allgemeinen erhöhen, weil sonst beim Umschalten nicht begründete Grenzwertüberschreitungen gemeldet werden. Für niedrige Schaltfrequenzen sind als Schaltgeräte Schrittschaltwerke zu verwenden. Zweckmäßigerweise werden die Fühler zweipolig zu- und abgeschaltet.
Wenn kleine Spannungen oder Ströme durchzuschalten

sind bzw. wenn es auf hohe Genauigkeit ankommt, läßt man durch das Schrittschaltwerk nacheinander *Geko*-Kontakte oder gepolte Relais betätigen, die den Meßkreis durchschalten. Der Taktgeber für das Schrittschaltwerk kann ein astabiler Multivibrator sein. Man kann auch die Schaltfrequenz von technischen Zuständen abhängig machen, also beispielsweise in kritischen Stadien des Vorganges mit einer höheren Schaltfrequenz prüfen, damit die Zeit vom Eintritt einer Störung bis zur Meldung verkürzt wird. Dieses Verfahren läßt sich vielfach abändern. Unter anderem können auch unterschiedliche Signale durch *eine* Einheit auf Grenzwerte überwacht werden, wenn zugleich mit der Meßstellenumschaltung eine Bereichsumschaltung erfolgt. Je nach Bedeutung des Ausgangssignales kann es nur so lange gegeben werden, wie der betreffende Meßfühler mit dem Überwachungsgerät verbunden ist, oder durch Speicherung (mit Relais in Selbsthalteschaltung oder selbsthaltenden gepolten Relais) so lange, bis eine Handrückstellung erfolgt.
An welcher Stelle die Störung auftrat, wird z. B. festgestellt, indem das Schrittschaltwerk zugleich eine Meßstellenanzeige umschaltet. Für größere Einrichtungen oder hohe Schaltfrequenzen lassen sich die erwähnten serienmäßig angebotenen Meßstellenumschalter verwenden (S. 42). Eine *Zweipunkt- oder Mehrpunktregelung* an trägen Strecken durch *einen* Regler ist möglich, wenn das Ausgangssignal gespeichert wird. In diesem Falle werden Ein- und Ausgang des Reglers zugleich umgeschaltet. Für jeden Meßfühler benötigt man einen Speicher (gepolte Relais o. ä.). Bei Temperaturregelungen z. B. wird Fühler 1 mit der Grenzwert-Überwachungseinrichtung verbunden. Ist die Temperatur überschritten, wird Rel 1, das die Heizung schaltet oder das Ventil betätigt, ausgeschaltet. Danach wird Fühler 2 eingeschaltet. Liegt sein Wert unter dem Sollwert, wird Rel 2 eingeschaltet und bleibt bis zur nächsten Abtastung in dieser Stellung usw. Es ist zweckmäßig, die einzelnen Fühler in nicht zu kurzen Zeitabständen abzufragen, um eine Veränderung des Meßwertes bei Stell-

gliedänderungen (Einschalten der Heizung, Absperren der Dampfleitung o. ä.) feststellen zu können. Für Temperaturregelungen reichen oft Abtastfolgen von 10 min und mehr aus. Rechnet man je Meßstelle eine Abtastzeit von 10 s, so könnte eine Grenzwertüberwachung 60 getrennte Trockenkammern o. dgl. regeln. Wird die Zahl der speichernden Relais vergrößert, sind auch Dreipunkt-, Vierpunktregelungen usw. möglich. Dreipunktregelungen unterscheiden nicht nur 2 Zustände (zu warm/zu kalt), sondern 3 Bereiche (Temperatur zu niedrig/Temperatur richtig/Temperatur zu hoch). Dafür benötigt man ein Gerät mit 2 Abtaststellen und für jeden Fühler 2 Relais. Das erste Relais schaltet bei Temperaturunterschreitungen die Heizung voll ein, das zweite schaltet eine Teilheizung. Auch hier soll die Trägheit der Vergleichseinrichtung nicht zu gering sein. Wird ein *Meßwerkregler* (anzeigendes Meßgerät mit Zeigerabtastung) benutzt, so erübrigen sich besondere Maßnahmen. Im Augenblick des Umschaltens können keine falschen Signale auftreten. Dagegen müssen Verzögerungsglieder eingefügt sein, wenn der Meßwert durch trägheitsarme Geräte, z. B. Meßverstärker, überwacht werden soll.

3.3. Berührungslose und kräftefreie Kontaktgabe

Für eine Reihe von Rationalisierungsmaßnahmen ist es erforderlich, die Stellung eines Teiles kräftefrei oder berührungslos (oder beides) festzustellen. Eine kräftefreie Kontaktgabe wird nötig, wenn das bewegte Teil nicht beeinflußt werden soll, z. B. beim Abtasten der Stellung empfindlicher Waagen oder elektrischer Meßwerke. Berührungslos ist ein Kontakt auszulösen, wenn das Teil wegen seiner Beschaffenheit nicht berührt werden darf, etwa bei frisch lackierten oder galvanisch veredelten Oberflächen, bei Medikamenten usw. Beide Arten der Kontaktgabe bedingen einen erhöhten Aufwand, der nur gerechtfertigt ist, wenn andere Lösungen als unvorteilhaft gelten müs-

sen. Zur Endabschaltung an Maschinen oder anderen mit großer Kraft bewegten Teilen sind einfache Mikroschalter nicht nur viel billiger, sondern auch betriebssicherer als z. B. Lichtschranken. Berührungslose, aber nicht kräftefreie Kontakte bilden induktive, kapazitive und pneumatische Abtastungen. Berührende kräftefreie Kontakte sind einfache metallische Kontakte, denen man einen Verstärker nachschaltet, so daß auch ganz geringe Kontaktkräfte einen hohen Strom steuern, und die Berührungsschalter. Die Vorzüge beider Arten treten bei akustischen Schaltern und Lichtschranken auf.

Näherungsschalter werden unter anderem benutzt, um Signale zur Gewährleistung des Arbeitsschutzes an Maschinen, zum Einschalten von Schaufensterbeleuchtungen, Vitrinen u. dgl. beim Annähern eines Betrachters usw. auszulösen. Solche Näherungsschalter beruhen oft auf Kapazitätsmessungen. Die Kapazität eines flächenhaften, isolierten Fühlers vergrößert sich gegenüber der Erde, wenn ein Mensch, der stets teilweise geerdet ist, in Fühlernähe kommt. Die sehr geringe Kapazitätsänderung in der Größe weniger pF weist eine HF-Resonanzschaltung nach. Für die Steuer- und Regeltechnik können solche kapazitiven Näherungsschalter auf Grund ihrer Störanfälligkeit nur bedingt empfohlen werden (Verschlechterung der Isolation, Änderung der Luftfeuchtigkeit und andere Einflüsse). Für den Betrieb solcher Schaltungen ist eine Genehmigung der Deutschen Post erforderlich! Einfacher und sicherer arbeiten Näherungsschalter mit Licht- oder Strahlschranken.

Berührungsschalter lösen beim Berühren eines metallischen Teiles (Türklinke, Bedienungsgriff) selbsttätig einen Vorgang aus. Wenn die Fühlerelektroden so angeordnet werden können, daß man beim Berühren mit der Hand zwei voneinander isolierte Elektroden verbindet, ist die Schaltung einfach.

Häufig soll der Vorgang schon ausgelöst werden, wenn man nur eine Elektrode berührt. Relaisröhren sind als Verstärkerbauelemente besonders geeignet. Sie werden einpolig geerdet, so daß man die Fühlerelektrode beim Berühren über

einen sehr großen Widerstand mit Erde verbindet. Der äußere Widerstand kann in der Größenordnung von 100 MΩ liegen. Festwiderstände begrenzen die größte Stromstärke im Zündkreis, so daß ein Berühren ungefährlich ist und die Schaltung den bestehenden Vorschriften entspricht. Vorteilhaft wirkt sich oft aus, daß Relaisröhren ohne besondere Maßnahmen ein kurzes Signal speichern, bis ein Löschen von Hand oder durch ein Relais erfolgt. Berührungsschalter lassen sich ferner aus Transistoren aufbauen. Der Ausgang eines Generators, der eine Frequenz von 5 bis 20 kHz erzeugt, ist einpolig zu erden. Der Fühlerelektrode wird ein mehrstufiger, soweit nötig, auch auf die Generatorfrequenz abgestimmter Transistorverstärker nachgeschaltet. Man kann leicht Grenzwiderstände (zwischen Erde und der Fühlerelektrode) von 10 bis 50 MΩ erreichen. Ein Mensch, der auf der Erde steht, löst die Schaltung aus. Berührungsschalter werden seltener benutzt, als es sinnvoll wäre. Bei ihrer Anwendung kann man die einzelnen Bedienhandlungen voneinander abhängig machen; das kann wesentlich zum Verbessern des Arbeitsschutzes beitragen.

Beispiel: Wenn man die Klinke zu einem Raum, in dem spannungsführende Teile berührt werden könnten, niederdrückt, werden beispielsweise die Spannungen ohne Zutun des Menschen abgeschaltet.

In ausgedehnten Anlagen (Fördereinrichtungen, großen Bearbeitungsmaschinen) kann eine Notabschaltung durch Berühren eines blanken Drahtes von jeder Stelle aus erfolgen.

Die aus der Amateurliteratur bekannten *akustischen Schalter*, die bei einer bestimmten Schallintensität einen Vorgang auslösen, lassen sich auch für viele Zwecke der Rationalisierungstechnik verwenden. Für rauhe Betriebsbedingungen eignen sich als Schallaufnehmer wasserdicht gekapselte Lautsprecher oder Mikrofone.

Hersteller: *FWL* und *GWL*. Akustische Schalter können unselektiv auf Geräusche jeder Art oder selektiv auf bestimmte Frequenzbereiche ansprechen. Der Raumwinkel,

für den die Aufnehmer empfindlich sind, läßt sich nicht scharf abgrenzen. Sie werden daher hauptsächlich angewendet, wenn nur eine Schall- oder Geräuschquelle auftreten kann. Ungeeignet sind diese Schalter, wenn es gilt, aus unterschiedlichen Geräuschen eine Quelle von einer anderen zu unterscheiden. Sie lassen sich vielfach anstatt kontaktgebender Fühler (Lichtschranken, Näherungsschalter u. dgl.) benutzen, z. B.:

- zum Zählen von Maschinentakten, Hüben usw. an Pressen, Stanzen, Drehautomaten,
- zum Überwachen des ordnungsgemäßen Laufes von fernbedienten oder automatisierten Maschinen, deren Arbeitsweise mit kennzeichnenden Geräuschen verbunden ist (Rückmeldung des Anlaufens von entfernten Maschinen, Füllungsgrad von Mahleinrichtungen),
- zum Steuern von Türen, Entladevorrichtungen usw. beim Annähern von Straßen- und Schienenfahrzeugen,
- als Einbruchsschutz für Glasscheiben oder ganze Räume,
- zum Überwachen der akustischen Beanspruchung der Beschäftigten.

Häufig ist es vorteilhaft, statt des Luftschalles den Körperschall abzunehmen, indem der Fühler fest mit dem Gehäuse verbunden wird. Auf diese Art läßt sich z. B. das Fallen einzelner Tropfen auf dünne Membranen erfassen. Soweit sich der unerwünschte Zustand (Leerlaufen von Pumpen oder Mühlen, erhöhte Reibung in Lagern usw.) vom normalen Zustand durch die Zusammensetzung der Geräusche unterscheidet, werden frequenzselektive Schaltungen benutzt. Serienmäßig liefert solche Geräte, beispielsweise zum Überwachen von Turbinen, Verdichtern u. dgl., *SAD*.

Licht- und Strahlschranken werden vielfach benutzt. Obwohl die Anwendung solcher kontaktlosen, kräftefreien Kontakte problemlos erscheint, ist es doch zweckmäßig, einige Punkte zu beachten. Das soll dazu beitragen, daß alle Vorteile voll genutzt und unnötige Nachteile vermieden werden. Lichtelektrische Empfänger sind optisch-elek-

trische Wandler, die eine optische Größe („Helligkeit") in eine elektrische Größe, einen veränderlichen Innenwiderstand oder eine Spannung, umformen.
Aktive Bauelemente (Fotoelemente und Fotodioden in Elementschaltung) haben in der Automatisierungstechnik nur geringe Bedeutung. Wichtiger sind passive Bauelemente, deren Innenwiderstand lichtabhängig ist. Früher wurden vielfach Fotozellen verwendet. Sie eignen sich nicht für Transistorschaltungen, so daß ihre Bedeutung für Schaltzwecke abgenommen hat. Wichtig sind vor allem Fotowiderstände und Fotodioden (oder Fototransistoren). Deren Eigenschaften sind in vieler Beziehung einander entgegengesetzt, so daß die Wahl des Empfängertyps sorgfältig erfolgen soll. Die wichtigsten Eigenschaften erläutert die folgende Gegenüberstellung:

Eigenschaften	CdS-Fotowiderstand	Ge-Fotodiode
Farb-empfindlichkeit	nur für sichtbares Licht	vor allem für Infrarot
Allgemein-empfindlichkeit	sehr groß	gering bis mittel
Größe der lichtempfindlichen Fläche	$20 \cdots 200\ mm^2$	unter $1\ mm^2$
Dunkelwiderstand	nahezu ∞	$50 \cdots 500\ k\Omega$
Temperaturabhängigkeit des Fotostroms	gering	groß, vor allem bei geringen Helligkeiten
Grenzfrequenz	beleuchtungsstärkeabhängig, oft 10 · · · 100 Hz	meist 10 · · · 100 kHz
Veränderungen im Dauerbetrieb	oft erheblich (bis zu 30 %)	meist gering (unter 10 %)

Fotowiderstände eignen sich für einfache Schaltaufgaben, wenn nur wenig Störlicht auftritt. Sie können mit Gleich- oder Wechselspannung betrieben werden. Auch geringste

Helligkeiten — wie beim Benutzen als Dämmerungsschalter — sind leicht nachzuweisen. Die Stromstärken sind so groß, daß Feinrelais (gepolte Relais, einzelne Arten von Quecksilberrelais usw.) *ohne* Verstärkung, weniger empfindliche Relais nach einstufiger Verstärkung betätigt werden können. Soweit möglich, bevorzugt man Ausführungen mit kleiner lichtempfindlicher Fläche und konzentriert das vorhandene Licht mit einer Sammellinse. Dadurch nimmt die Trägheit ab.

Fotodioden eignen sich, wenn es auf deren geringe Größe ankommt oder die Unempfindlichkeit gegenüber Tageslicht von Bedeutung ist. Sie werden u. a. in Lichtschranken, die in hellen Räumen oder im Freien arbeiten sollen, sowie in Strahlschranken mit unsichtbarer IR-Strahlung eingesetzt. Eine Lichtbündelung durch eine Sammellinse, besser noch mit einem Parabolspiegel ist unbedingt erforderlich. Solche Licht- bzw. Strahlschranken müssen sorgfältig ausgerichtet sowie gegen starkes Erschüttern und Verstellen geschützt werden. Ein Verstärken des Sperrstromes ist immer nötig, wobei die Temperaturabhängigkeit zu beachten ist.

Bei Licht- und Strahlschranken sollte immer darauf geachtet werden, daß es sich um eine optische und eine elektrische Aufgabe handelt. Es ist sehr unzweckmäßig, auf eine gute Lichtausnutzung keinen großen Wert zu legen und das elektrische Signal dafür erheblich zu verstärken. Bei starker Lichtbündelung sowie bei Einsatz von Fotodioden können die Glühlampen für Entfernungen von 1···2 m mit so geringer Spannung betrieben werden, daß das Wendel gerade noch sichtbar glüht. Die Lebensdauer der Glühlampe steigt dadurch auf sehr große Werte. Ein Tubus als Empfängerschutz vor Streulicht sollte immer angeordnet werden. Wechsellichtschranken, für die Fremdlicht unwirksam ist, werden nur in seltenen Ausnahmefällen nötig. Wenn starkes Tageslicht oder das Licht von Leuchtstofflampen als Streulicht auftritt, wird man stets Fotodioden verwenden und notfalls ein Sperrfilter vorsetzen (z. B. *RG 8* von *Schott*). Dieses Filter schwächt den Fotostrom nicht nennenswert, obwohl es dem Auge völlig

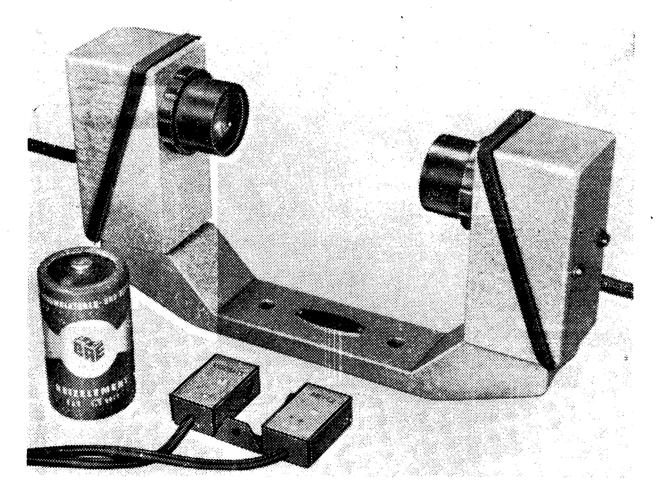


Bild 3.1 Zwei Ausführungen von Lichtschranken (*Visomat*)

undurchlässig erscheint. Lichtschranken können ohne übermäßigen Aufwand für Lichtwege bis zu einigen hundert Metern angefertigt werden. Soweit greifbar, sollte man weitgehend die serienmäßig angebotenen Teile (Bild 3.1.) verwenden.

Empfänger stellen *Zeiss* (Fotowiderstände und -elemente), *WF* (Fotodioden) und *Preßler* (Fotozellen) her. Ganze Lichtschranken sowie die zugehörigen Verstärker und Stromversorgungsgeräte liefern *Visomat* und *FMZ.* Dämmerungsschalter stellt *Intron* her. Für Versuche ist der im Handel befindliche preiswerte Optik-Baukasten geeignet.

3.4. Zweipunktregelung

Wenn die Anforderungen an eine technische Regelung nicht allzu hoch sind, werden häufig Zweipunktregelungen angewendet. Bei dieser binären Regelungsart unterscheidet die Regeleinrichtung nur zwei Zustände der Regelgröße (Sollwert erreicht/Sollwert nicht erreicht). Ein gleich-

bleibender Wert stellt sich nicht ein; die Regelgröße pendelt zwischen zwei Grenzwerten um den Sollwert. Daß solche Regelungen trotzdem in großer Zahl angewendet werden, hat zwei Gründe:

— die Einrichtung ist preiswert,
— das Ein- und Ausschalten eines starken elektrischen Stromes kann verhältnismäßig einfach erfolgen, während die stufenlose Änderung aufwendig ist.

Regelstrecken haben oft so große Zeitkonstanten, daß sich diese Schwankungen nicht auswirken. Ein Trockenofen hat z. B. eine so große Wärmekapazität, daß sich die regelmäßigen Temperaturschwankungen nicht als Schwankungen des Gutes bemerkbar machen. Die Mittel zur Zweipunktregelung wurden auf Seite 7···10 ausführlich beschrieben. Am Meßort gewinnt man nach Möglichkeit unmittelbar ein Binärsignal. Weniger günstig ist es, ein analoges Signal (Spannungs-, Stromänderung usw.) binär zu bewerten, z. B. mit anzeigenden Geräten, die durch Zeigerabtasteinrichtungen zu Zwei- oder Mehrpunktreglern werden.

Es gibt eine Reihe von Möglichkeiten, die Wirkung einfacher Zweipunktregelungen zu verbessern. Man behält die binäre Beeinflussung der Strecke bei, erreicht jedoch geringere Regelschwankungen. Zunächst kann die regelmäßige Schwankung verkleinert werden, indem man Ein- und Ausschaltpunkt einander nähert. Die Schalthäufigkeit nimmt dabei zu, so daß häufig eine kontaktlose Signalverarbeitung und -verwertung sinnvoll ist. Der Meßfühler soll ohne große Verzögerungen die Änderung der Stellgröße erfassen. Bei Temperaturregelungen soll er nicht zu weit von der Heizeinrichtung entfernt sein. Ein Zeitschalter begrenzt die Dauer der Einschalt-(Heiz-)Perioden. Man kann mit ihm das Nachheizen (das Heizen nach dem Abschalten durch die Wärmeträgheit) verringern und die Schwankung verkleinern. Eine weitere Möglichkeit ist, den Zweipunktregler nur einen Teil der Heizung schalten zu lassen, während eine dauernd eingeschaltete Grundlast die ständigen Verluste deckt.

Thermische oder elektrische *Rückführungen* (Hersteller: *MGW* u. a.) verringern ebenfalls die Regelschwankungen. Mit Drei- oder Mehrpunktregelungen, z. B. unter Verwendung von mindestens 2 Kontaktthermometern, kann fast die Regelgüte teurer PID-Regler erreicht werden.

3.5. Zeitbegrenzung und Taktgabe

Zeitbegrenzer sind Bauglieder, die nicht unmittelbar nach dem Einschalten, sondern erst nach einer — häufig einstellbaren — Verzögerungszeit ein binäres Ausgangssignal liefern. Im Gegensatz zu Schaltuhren oder Taktgebern, die ständig laufen und regelmäßig Ausgangssignale abgeben, werden Zeitbegrenzer durch ein äußeres Signal gestartet. Nach einem Zyklus kehren sie in die Ruhelage zurück. Solche Zeitbegrenzer werden in der Betriebspraxis häufig gebraucht, um Maschinenlaufzeiten, Pausenzeiten usw. festzulegen.

Welcher Zeitbegrenzer die Aufgaben am zweckmäßigsten lösen kann, wird durch die Zeitdauer und den zulässigen Zeitfehler bestimmt. Noch vor wenigen Jahren benutzte man ausschließlich mechanische Glieder, die ein Synchronmotor antrieb. Die Zuverlässigkeit solcher Laufwerke ist bei großer Einschalthäufigkeit nicht allzu groß. Für verhältnismäßig kurze Zeiten (etwa bis zu 1 min) und geringe Genauigkeitsforderungen (etwa $\pm$ 5 %) lassen sich die bekannten Kondensator-Auflade- und -umladeschaltungen mit Ge-Transistoren verwenden. Mit Si-Transistoren erreicht man etwa 5 min. Als astabile Multivibratoren werden Transistorschaltungen für Verzögerungszwecke als Teile des *Ursalog*- bzw. *Translog*-Systems geliefert. Mit den üblichen Schaltungen kommt man nicht wesentlich über 5 min. Nur Relaisröhren ermöglichen mit recht geringem Aufwand ohne weiteres Verzögerungen von 1 h bei Fehlern (für stabilisierte Spannung) von etwa $\pm$ 3 %. Solche Schaltungen sind wegen ihrer großen Betriebssicherheit sehr gut geeignet, die früher üblichen Elektronenröhrenschaltungen zu er-

setzen. Um Verzögerungen von mehreren Stunden oder Tagen zu erreichen, werden entweder Laufwerke mit Synchronmotoren (*Statex, EAW*) oder Zähler mit Vorwahl benutzt. Mit Synchronmotoren erzielt man Fehler unter $\pm$ 0,5 %. Der Zeitfehler, der sich mit Zählern erreichen läßt, hängt von der Impulsquelle ab (vgl. unter 2.3.7.).
Vorteilhaft ist, daß sich die Verzögerungszeit bei Verwendung elektromechanischer Zähler auf $\pm$ 1 Einheit der Zählbasis, beispielsweise bei vielen Stunden Verzögerung auf $\pm$ 1 min, einstellen läßt.
Für viele Rationalisierungsaufgaben sind handelsübliche mechanische Laufwerke mit Handaufzug verwendbar. Kurzzeitwecker werden (z. B. für fotografische Zwecke) oft mit Starkstromkontakt geliefert bzw. lassen sich unter Mitbenutzung eines Zwischenrelais als schaltende Glieder einsetzen.
Taktgeber sind Zeitplangeber mit mehreren binären Ausgängen (vgl. auch 2.2.4.). Sie dienen beispielsweise zum Schalten von mehrteiligen Leuchtwerbungen, Motoren, Kupplungen u. dgl. Sie lassen sich aus einem Zentralgerät mit mehreren Stellungen, im einfachsten Falle einem Drehwähler, oder durch Aneinanderreihen von mehreren Zeitbegrenzern aufbauen. In der zweiten Ausführung können sich die Zeitfehler der einzelnen Glieder leicht addieren. Häufig erweisen sich hintereinandergeschaltete Folgesteuerungen als zweckmäßiger.
Der Vorgang b wird dann nicht n Sekunden später als der Vorgang a begonnen, sondern erst, nachdem der Vorgang a beendet ist. Binäre Fühler stellen diese Zustände fest (Endschalter, induktive Taster usw.). Auf diese Art werden die Zeitkonstanten der Einrichtung selbst herangezogen, und Störungen führen zum Abbrechen der Kette von Maßnahmen.
Es sei wiederholt, daß Schrittschaltwerke trotz ihrer begrenzten Lebensdauer oft für Taktgeber zu verwenden sind. Man bringt vorteilhaft Steckverbindungen an, um ein leichtes Auswechseln zu ermöglichen. Eine gegenseitige Prüfung kann dadurch erfolgen, daß nicht ein, sondern

zwei Schrittschaltwerke gleichzeitig laufen und stets dieselbe Stellung einnehmen müßten. Wenn das nicht der Fall ist, wird ein Warnsignal gegeben. In wechselnden Zeitabständen kann weitergeschaltet werden, wenn man eine Schaltwerkbahn zum Umschalten der Vorwiderstände von Kondensatoraufladeschaltungen benutzt. Die Isolation von Schrittschaltwerken ist nicht geeignet, lange Verzögerungszeiten zu erreichen. Für Präzisionszwecke und lange Verzögerungen läßt man durch das Schaltwerk nacheinander eine Reihe von Relais (z. B. Geko-Relais) einschalten, über deren Kontakt der zeitbestimmende Kondensator einer Transistor- oder Relaisröhrenschaltung verschieden schnell aufgeladen wird. Damit genügt es, für unterschiedliche Taktzeiten nur *ein* Transistorglied bzw. eine Relaisröhre einzusetzen.

3.6. Dosieren, Zuteilen und Ordnen

Dosieren bedeutet, eine bestimmte Stoffmenge, häufig ein Flüssigkeitsvolumen, selbsttätig abzumessen. In der chemischen Industrie fallen häufig Dosieraufgaben an. *Dosierpumpen* ermöglichen ein kontinuierliches Dosieren, weil sie einen gleichbleibenden Flüssigkeitsstrom erzeugen. Die Fördermenge dieser Pumpen je Arbeitstakt ist genau bekannt. Verbreiteter ist das diskontinuierliche Dosieren. Bekannte Flüssigskeitsmengen stellt man her, indem an einen Wälzkolbenzähler außen ein elektrischer oder pneumatischer Geber angesetzt wird, der je Mengeneinheit einen Impuls liefert. Diese Impulse summiert ein Vorwahlzähler (*GRW*, *RW*), der beim Erreichen einer vorgewählten Menge das Stellventil schließt. Ein einfaches Dosieren läßt sich mit einer Vorlage, einem Vorratsgefäß, das zum Teil gefüllt ist, ausführen. Wenn ein bestimmter Flüssigkeitsstand erreicht wird, legt ein Leitfähigkeitsgeber, lichtelektrischer Fühler o. dgl. die Fördereinrichtung still. Die Vorlage enthält dann die abgemessene Menge. Mit einfachen, selbst hergestellten Grenzfühlern, einigen Zeitgliedern und

Relais können mehrere Stoffe nacheinander abgemessen und in einen Behälter gefüllt werden. Die Tropfenzählung (Labortechnik) erfaßt kleine Flüssigkeitsmengen. Die Tropfenzahl kann man lichtelektrisch, akustisch (S. 51) und durch Unterbrechen eines gebündelten Strahls feststellen.
Als *Zuteilen* bezeichnet man das Abmessen pulverförmiger und körniger Stoffe nach ihrem Volumen. Ein Bandzuteiler besteht z. B. aus einem Förderband, das mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegt wird und mit einer näherungsweise konstanten Schicht des Stoffes belegt ist.

Das *Ordnen* von Kleinteilen ist eine häufig auftretende Aufgabe an Bearbeitungsmaschinen und Zähleinrichtungen. Ungeordnet liegende Körper sollen so auf eine Rinne oder in ein Magazin gelangen, daß alle Stücke dieselbe Lage einnehmen. Je einfacher die Körperform, um so leichter das Ordnen. Häufig bedarf es erheblicher Geschicklichkeit, um Arten von Abstreifern anzubauen, durch die falsch liegende Körper aussortiert werden. Vibrationsförderer werden häufig ohne Abstreifer geliefert.
Dosierpumpen stellen *PFS, LT* und andere her.
Vibrationsförderer in vier Größen liefert *Mehag.*

3.7. Vergrößern der Zuverlässigkeit in Rationalisierungseinrichtungen

Wie bereits erläutert, erfordert die Rationalisierungstechnik eine weit höhere Zuverlässigkeit als die allgemeine Amateurpraxis. Begrifflich sind zu unterscheiden:
Funktionssicherheit,
Qualität und
Zuverlässigkeit.
Funktionsfähigkeit und *-sicherheit* sind Mindestforderungen an Geräte der Rationalisierungstechnik. Stufenschalter mit unsicherer Kontaktgabe, nicht ausreichend temperaturstabile Halbleiterschaltungen, zu gering belastbare Widerstände usw. sind unbrauchbar. Die Qualität ist ein Merkmal, das die Güte unter Beachtung des Aufwandes

und des allgemeinen technischen Standes beurteilt, z. B. als Wirkungsgrad, Nullpunktkonstanz, Verstärkung usw. Die *Zuverlässigkeit* dagegen ist ein Maß für die Wahrscheinlichkeit, daß von einer Gruppe von Bauelementen, Bauteilen oder Geräten nach einer gewählten Zahl von Betriebsstunden noch ein bestimmter Anteil störungsfrei arbeitet.

Während sich die Qualität zu jedem Zeitpunkt ermitteln läßt, kann die Zuverlässigkeit erst nachträglich und nur für eine Anzahl von gleichartigen Gruppen gemeinsam festgestellt werden. Die nutzbare Zuverlässigkeit ist nicht nur von den Eigenschaften der Bauteile, sondern auch vom Zeitpunkt der Betrachtung und der äußeren Beanspruchung abhängig.

Für den Rationalisator ist zunächst die Frage wichtig, welche Zuverlässigkeit für einen bestimmten Zweck zu fordern ist.

Es leuchtet ohne weiteres ein, daß für Meßeinrichtungen, die die Arbeit erleichtern, ohne daß die Aussagen von entscheidender Bedeutung sind, geringere Forderungen gestellt werden müssen als für Teile, deren Ausfall große Werte oder gar Menschenleben gefährden. Wenn die angestrebten Werte festliegen, kann man versuchen, nach Tafeln für die mittlere Ausfallwahrscheinlichkeit die Wahrscheinlichkeit einer Schaltung oder eines Gerätes zu errechnen. Diese Rechnung kann nur einen Anhalt für die Größenordnung der zu erwartenden Zuverlässigkeit geben. Fast alle Hersteller von Bauelementen — erst recht die Gerätehersteller — geben keinerlei Zahlenwert über die Ausfallwahrscheinlichkeit an. Die in der Literatur ausgewiesenen Angaben gelten häufig unter ganz anderen Bedingungen.

Unentbehrlich bleibt vorläufig das praktische Erproben der Geräte. Für Einzelgeräte gilt das als einzige Möglichkeit, Hinweise auf die Zuverlässigkeit zu erhalten. Man muß davon ausgehen, daß es *keine absolute* Zuverlässigkeit *gibt.*

Die vom Nutzer häufig verlangte Garantie, daß kein Feh-

ler auftreten kann, läßt sich selbst bei sorgfältigem Aufbau und nach gründlicher Prüfung nicht abgeben. Man kann aber stets Maßnahmen ergreifen, die die zu erwartende Zuverlässigkeit vergrößern. Die Zuverlässigkeit muß nicht unbedingt zahlenmäßig bekannt sein. Jedes Annähern an die 100prozentige Zuverlässigkeit verursacht bedeutenden Aufwand. Er steigt sprunghaft, und zwar je mehr, um so zuverlässiger die Anlage schon ist. Unnötige Forderungen werden sehr teuer. Ein Mindestaufwand zum Erhöhen der Zuverlässigkeit bleibt rationell, wenn man bedenkt, daß unbedeutende Gerätestörungen sehr folgenschwer werden können.

Maßnahmen zum Vergrößern der wirksamen Zuverlässigkeit:

- Herabsetzen der inneren und äußeren Belastung (z. B. durch Vermeiden elektrischer und mechanischer Stoßbeanspruchung),
- Vorauswahl und engere Tolerierung der Bauelemente,
- Verwenden hochwertiger Bauteile (z. B. Metallschichtwiderstände, Tantal-Elkos usw.) und
- Anwenden möglichst einfach aufgebauter Gruppen bzw. Geräte.

Ein Erproben unter verschärften Bedingungen sowie regelmäßiges Prüfen oder ein routinemäßiges Auswechseln von Verschleißteilen im Betrieb kann die wirksame Zuverlässigkeit auch bedeutend erhöhen. Die zuverlässige Arbeitsweise von Baugruppen kann man durch äußere Maßnahmen wie das Vorschalten von Filtern (gegen Wechselspannungsanteile), Zeitgliedern (gegen Auslösung von Kippschaltungen durch einzelne Störimpulse) oder durch selbsttätig wiedereinschaltende Sicherungseinrichtungen (gegen Dauerausfall bei vorübergehender Überlastung) verbessern. Liegen ausreichende Erfahrungen vor, so läßt sich aus der Laufzeit (Betriebszeit) einer Einrichtung der Wartungszyklus ableiten. Die Laufzeit mißt man z. B. mit Betriebsstundenzählern oder Stückzählern. Solche Maßnahmen sind allerdings gegenüber zufälligen Ausfällen elektronischer

Teile wenig wirksam. Man sollte auf leichte Auswechselbarkeit im Störungsfall und auf einen ausreichenden Vorrat an Ersatzbaugruppen achten.
Besonders wirksam — leider auch ziemlich aufwendig — bleibt das Verfahren, mehr Bauteile vorzusehen, als zum Erfüllen der Funktion unbedingt nötig sind. Man nennt diese Überbestimmung *Redundanz.* Je redundanter ein Gerät ist, desto mehr Teile sind vorgesehen, um beim Ausfall anderer Teile ein Weiterarbeiten zu ermöglichen. Die *kalte Redundanz* besteht darin, mindestens zwei Baugruppen bereitzustellen, von denen aber nur eine arbeitet. Im Störungsfalle kann die Reservegruppe schnell (eventuell auch selbsttätig) eingefügt werden. Bei *heißer Redundanz* arbeiten gleichzeitig mindestens zwei Baugruppen, von denen notfalls auch eine die Funktion aufrechterhalten könnte.
Heiße Redundanz kennen wir vielfach aus dem täglichen Leben: die doppelt besetzten Führerstände mit Lok- oder Flugpersonal, die Beleuchtung von Fahrstühlen durch zwei Glühlampen gleichzeitig usw. Solche Verdoppelungen sind oft auch in der Rationalisierungspraxis möglich, ohne daß der Aufwand ungerechtfertigt steigt. Man verwendet z. B. grundsätzlich zwei (oder mehr) Endauschalter, die bei Arbeitsstromkreisen parallel- und bei Ruhestromkreisen hintereinandergeschaltet werden; es genügt, die Wirkung auszulösen, wenn mindestens ein Schalter ordnungsgemäß arbeitet. Wichtige Temperaturregelungen kann man durch zwei getrennte Anlagen mit je einem Kontaktthermometer, einem Relais und einer Heizung ausführen lassen. Die Heizung wird so bemessen, daß auch beim Ausfall einer Gruppe noch eine ausreichende Leistung vorliegt. Ebenso erfolgt in einzelnen Gebieten der Signalverarbeitung, z. B. der Eisenbahnsicherungstechnik, ein mehrfaches Verriegeln und Rückmelden. Verdoppelungen empfehlen sich vielfach für Relaiskontakte, Glühlampen von Lichtschrankenanlagen, Ventile usw.
Mit Ruhestromschaltungen kann man oft erreichen, daß die zu erwartenden Störungen nur zu ungefähr-

lichen Fehlern, sogenannten Störungen 2. Art, führen. (Beispiel für eine gefährliche Störung, eine Störung 1. Art: Es brennt, aber die Feuerwehr kommt nicht. Beispiel für eine Störung 2. Art: Die Feuerwehr kommt, obwohl es nicht brennt.) Bei Arbeitsschutzlichtschranken hat z. B. das Durchbrennen der Glühlampe oder die Verschmutzung der optischen Teile die gleiche Wirkung wie eine Strahlunterbrechung, so daß die Maschine (hier zwar grundlos) nicht betätigt werden kann.
Es gilt häufig, beide Fehlerarten, auch die zwar ungefährlichen, aber doch störenden Fehler 2. Art, zu vermeiden. Das ist unter anderem durch die Anwendung von *Majoritätslogik (Mehrheitslogik)*, einer Art der heißen Redundanz, möglich. Beim *2-aus-3-Verfahren* werden beispielsweise anstatt eines Meß- oder Schaltsystems drei vollständig getrennte Systeme aufgebaut. Eine Störung gilt als vorhanden, wenn mindestens zwei der drei Anlagen die Störung feststellen. Es kann also eine der Gruppen eine beliebige Störung aufweisen, ohne daß ein Fehler 1. oder 2. Art auftritt. Während das fehlerhafte Gerät instand gesetzt wird, arbeitet die Sicherungseinrichtung mit verminderter Zuverlässigkeit weiter. Wenn z. B. mit 95 % Wahrscheinlichkeit anzunehmen ist, daß ein Gerät innerhalb einer festgelegten Zeit nicht versagt, so kann man mit 99,5 % Wahrscheinlichkeit erwarten, daß ein *2-aus-3-System* mit 3 solchen Geräten nicht versagt. Beträgt die Zuverlässigkeit eines Gerätes nur 90 %, kann man bei dieser Kombination immer noch eine Zuverlässigkeit von 97 % erwarten. Noch weitergehende Forderungen können *3-aus-5*-Systeme erfüllen. Man benötigt, anders ausgedrückt, nicht unbedingt besonders gefertigte Meßfühler, Schaltgeräte usw., um sehr zuverlässige Anlagen herzustellen. Eine erhöhte innere Zuverlässigkeit bei Geräten und Baugruppen ist sicher rationeller, doch bietet die Majoritätslogik dem Nutzer, der die Geräte fertig erhält, eine Möglichkeit zum durchgreifenden Vergrößern der Zuverlässigkeit.
Ihrem Zweck entsprechend werden Sicherungseinrichtungen, die bei Störungen eingreifen, nur ausnahmsweise benutzt.

Ein längeres Lagern unter Betriebsbedingungen vergrößert die Zuverlässigkeit nicht, sondern vermindert sie oft stärker als im Dauerbetrieb. Ein Ausfall der Sicherungseinrichtungen kann leicht übersehen werden und zu katastrophalen Folgen führen.
Nach Betriebserfahrungen fallen z. B. von Kontaktmanometern und ähnlichen sicherungstechnischen Geräten unter Betriebsbedingungen jährlich rund 10 % aus. Solche Geräte haben nur dann wirklich einen Sinn, wenn man sich in sehr kurzen Abständen von ihrer Betriebsbereitschaft überzeugt. Als Prüfung kann man Sicherungs- und Alarmeinrichtungen regelmäßig kurz in Betrieb nehmen. Empfehlenswert ist bei wichtigen Anlagen ein selbsttätiges Prüfen mit einer Zusatzeinrichtung. Man sollte nicht vorschnell den Vorschlag, zu einer Prüfeinrichtung noch eine Prüfeinrichtung vorzusehen, als übertrieben ablehnen. Dieser Tip beruht auf Erfahrungen aus der Praxis. Der Prüfvorgang wird nach einer bestimmten Zeit oder nach einer Anzahl von Takten ausgelöst. Zunächst wird die Signalleitung, die das Alarmsignal abgeben bzw. in den Vorgang eingreifen würde, aufgetrennt. Damit setzt man die Sicherungseinrichtung während der Prüfung außer Betrieb. (Wenn das unzulässig ist, sieht man ein 2-aus-3-System vor und prüft jedes der Systeme für sich, während die beiden anderen die Anlage sichern.) Nun gilt es, die Störung möglichst originalgetreu nachzuahmen. Beispielsweise wird der Innenwiderstand eines thermischen Fühlers durch Parallelschalten eines besonderen Widerstandes herabgesetzt, oder eine Sicherungslichtschranke wird durch eine magnetisch eingeschwenkte Fahne unterbrochen. Das Störsignal durchläuft die Gerätekette und muß am Ausgang das Störungssignal liefern. In diesem Falle ist die Sicherungseinrichtung funktionsfähig. Trifft das nicht zu, so wird ein Warnsignal ausgelöst. Die selbsttätige Prüfung erlaubt bei wirklich wichtigen Einrichtungen, die Funktionsfähigkeit in ganz kurzen Abständen, eventuell sogar nach jedem Arbeitstakt, wenn die gefährliche Stellung nicht eintreten kann, zu überprüfen. In vielen Fällen hat es sich

gezeigt, daß solche Einrichtungen zum rechtzeitigen Erkennen von Störungen viel billiger als der Schaden sind.

3.8. Verwenden polymerisierender Harze

Ein wichtiges Beispiel, wie mit neuen Technologien rationalisiert werden kann, bietet die Anwendung polymerisierender Harze, der sogenannten Kunstharze. Obwohl die Anwendung von Kunstharzen langsam zugenommen hat, werden sie bei weitem noch nicht für alle Zwecke verwendet, wo sie sinnvoll anzuwenden wären. Auf dem Teilgebiet der Rationalisierungstechnik finden sie vielseitig Anwendung. Man spricht oft mit Recht vom flüssigen Werkzeug. Seit kurzem kann jeder Amateur Kleinpackungen solcher Harze erwerben. Damit steigt ihre Bedeutung für die Rationalisierungspraxis.
In den Kunstharzen finden unter bestimmten Bedingungen Strukturveränderungen statt. Dabei verketten sich gleichartige Moleküle miteinander. Der Vorgang heißt Polymerisation. Die meisten physikalischen und chemischen Eigenschaften der Ausgangsstoffe ändern sich. Die Polymerisation kann nicht rückgängig gemacht werden. Kunstharzverbindungen lassen sich daher nicht wie andere Klebverbindungen lösen, sie können nur mechanisch oder durch Einwirken hoher Temperaturen zerstört werden.
Chemisch unterscheidet man *Phenolharze*, *Epoxidharze* und *Polyesterharze.* Für viele Zwecke werden Epoxidharze eingesetzt.
Der Anwendungsbereich der anderen Arten entspricht weitgehend dem der Epoxidharze, abgesehen von einigen gummiartigen Sorten (z. B. Thioplasten). Nach einer chemischen Zusammensetzung unterscheidet man herkömmliche und *modifizierte* Epoxidharze.
Modifizierte Harze werden vom Hersteller vorbehandelt, so daß sie für die Verarbeitung günstigere Eigenschaften erhalten; unter anderem ist die Wärmeentwicklung beim Aushärten geringer, und die Härtermenge ist größer. Da-

durch lassen sich die beiden Teile besser dosieren. Nach der Anwendung unterscheidet man Klebeharze, Gießharze und Laminierharze. Einige Sorten sind vielseitig anwendbar, andere nur für besondere Zwecke.

Ausgehärtete Epoxidharze sind je nach Art bis zu Temperaturen von 80···150 °C beständig. Sie isolieren besonders gut und haben nur geringe HF-Verluste. Eine Reihe von Sorten ist gegenüber Chemikalien, auch konzentrierten Säuren u. dgl. beständig. *Die Ausgangsstoffe der meisten Kunstharze greifen die Haut (Augen) an und entwickeln gesundheitsschädliche Dämpfe. Die Reste müssen sorgfältig beseitigt werden, da sie nicht von selbst eintrocknen. Arbeitsschutzanordnung 726 beachten!* Als Hautschutzsalbe ist *Resinatekt (VEB Leipziger Arzneimittelwerk)* zu empfehlen. Die ausgehärteten Harze sind physiologisch unwirksam.

Mit *Epoxidharz als Klebharz* lassen sich Stoffe miteinander verbinden, die sich nach bisher üblichen Verfahren schlecht oder gar nicht zusammenfügen lassen. Die Haftfähigkeit auf allen aufgerauhten, entfetteten Stoffen außer PVC, Gummi und ähnlichen Substanzen ist sehr groß. Das Kleben kann daher vielfach Löten oder Schweißen, Nieten oder Aufschrumpfen ersetzen.

Typische Anwendungen über die Anwendungsfälle hinaus, die auch mit herkömmlichen Mitteln beherrscht werden konnten, sind das Verbinden wärme- oder kerbeempfindlicher Stoffe, das Kleben schwer löt- und schweißbarer Metalle (Kupfer, Aluminium), das Verbinden zweier Metalle ohne leitenden elektrischen Kontakt, von Profilen oder dicken Blechen mit Folien und von Metallen mit Glas und Keramik. Richtig behandelte Klebestellen haben häufig größere (Zug-)Festigkeit als der geklebte Stoff selbst. Die mechanische Festigkeit gegenüber schabender Beanspruchung ist dagegen sehr gering. Eine zugängliche Klebefuge läßt sich daher durch Feilen, Sägen usw. leicht trennen. Beim Aushärten ist ein Anpressen nicht erforderlich. Die Gegenstände sind nur so weit festzulegen, daß sie sich während des Aushärtens nicht verlagern. Das Klebharz soll

gleichmäßig und *so dünn wie irgend möglich* aufgetragen werden. Man kennt kalt- und warmaushärtende Sorten. Einfacher zu verarbeiten sind die kaltaushärtenden, vor allem die modifizierten Arten. Die warmaushärtenden Sorten haben aber bessere mechanische, thermische und chemische Eigenschaften. Einzelne Harztypen sind so dickflüssig, daß sie kleine Teile schon vor dem Aushärten festhalten (Schellen an senkrechten Fließwänden!).
Die Zeit vom Mischen der beiden Komponenten im vorgeschriebenen Verhältnis bis zum Aushärten liegt zwischen 20 min und 24 h. Als Mischbehälter benutzt man entweder PVC- und Gummigefäße, die sich nach dem Aushärten leicht reinigen lassen, oder Pappbecher, alte Glasgefäße usw., die nach Gebrauch weggeworfen werden. Kleine Mengen mischt man auf einer Glasplatte.
Die Komponenten sollen nicht mit blanken Metallflächen in Berührung kommen.
Als *Gieß- und Laminierharze* verwendet man Epoxidharze z. B. zum Eingießen von Schaltungen oder zum Ausfüllen von Löchern und Rissen. Eingegossene Halbleiterschaltungen sind mechanisch nahezu unzerstörbar. Der thermische Kontakt der Schaltungsteile verbessert sich. Den reinen Harzen können *Füllstoffe* zugesetzt werden. Eine fertige Mischung kann aus 75 % Füllstoffen und nur 25 % dünnflüssigem Harz (z. B. *EP 9*) bestehen.
Die Füllstoffe setzen den verhältnismäßig großen finanziellen Aufwand herab und können die mechanischen Eigenschaften verbessern. So lassen sich Sand, Metallpulver und Farbstoffe verwenden. Kreidepulver erhöht die Abriebfestigkeit, Talkum, Ruß oder Graphit die Gleitfähigkeit. Füllstoffe vermindern auch die Gefahr des thermischen Hochlaufens von aushärtenden Körpern. Bei größeren Gießkörpern entstehen durch die Aushärtung erhebliche Wärmemengen. Bei unachtsamer Verarbeitung kann der Gießkörper oder auch das Harz im Ansatzbehälter fast augenblicklich erstarren; die Festigkeit des Gießkörpers ist dann nur gering. Am einfachsten arbeitet man mit Gießformen, die nicht entfernt zu werden brauchen, z. B. kleine

Plastbehälter, Formen aus Ölpapier oder selbstklebender Folie. Wenn viele gleichartige Körper herzustellen sind, verwendet man mit Silikonfett präparierte Gießformen. Ein leichtes Entformen setzt eine zweckmäßige Gestalt der Gießformen voraus (keine senkrechten, sondern nur schräge Flächen, zerlegbare Form). Mit Laminierharzen und Glasfasergewebe oder Papier lassen sich schichtweise kompliziert geformte Körper herstellen.

Im Einzelhandel ist seit einiger Zeit ein modifiziertes Epoxidharz in Tuben *(Epasol EP 11)* erhältlich. Beide Teile werden nach Augenmaß etwa im Verhältnis 1 : 1 gemischt. Sowohl die Art der Abfüllung als auch das Mischungsverhältnis machen dieses Harz besonders geeignet für Verwendungen am Montageort, auf Baustellen usw. und in der Amateurpraxis. Selbst kleinste Mengen (einzelne Tropfen) lassen sich ohne Verluste mischen. Die Klebestelle hält schon nach etwa 2 h befriedigend.

Neben den aufgeführten Zwei- bis Dreikomponentenklebern werden auch *Einkomponentenkleber* aus polymerisierenden Substanzen hergestellt. Sie härten z. B. durch den Einfluß der Luftfeuchtigkeit aus. Solche Kleber sind sehr dünnflüssig, so daß — im Gegensatz zu Epoxidharzen — nur glatte Oberflächen miteinander verbunden werden können. Einzelne Arten *(Fimofix)* sind schon nach einigen Sekunden bis Minuten fast völlig ausgehärtet. Daraus ergeben sich nach umgestellter Technologie auch für Serienproduktionen viele Vorzüge. Der Preis je Mengeneinheit ist ungewöhnlich hoch, doch ist der Kleber sehr ergiebig. Epoxidharze lassen sich bei tiefen Temperaturen mehrere Jahre lagern. Sie werden allmählich immer dickflüssiger, sind jedoch auch dann noch zu verwerten.

Hersteller: *VEB Leuna-Werke; Asol-Chemie Berlin* (modifizierte Harze)*; VEB Schuhchemie Leipzig-Mölkau* u. a. Einkomponentenklebstoffe stellt der *VEB Chemisch-technisches Laboratorium Finowfurt* her.

3.9. Beispiele aus der Neuererbewegung

Im letzten Abschnitt werden kurz einige Beispiele von Rationalisierungen beschrieben, an denen jugendliche Neuerer maßgebend Anteil hatten. Obwohl den Leser mehr die technische und die ökonomische Seite beschäftigt, werden einige Zahlen genannt. Diese Zahlen zeigen, wie auch mit begrenztem Aufwand oft ein hoher Nutzen erzielt werden kann, wenn man im eigenen Tätigkeitsbereich aufmerksam nach Verbesserungsmöglichkeiten sucht.

Um einen erheblichen Nutzen zu erzielen, ist es nicht in jedem Falle nötig, ganz neuartige Änderungen zu entwikkeln. Auch die Anwendung bekannter Mittel in allen sinnvollen Fällen ist notwendig. Beispielsweise konnte der *Klub Junger Techniker* im *VEB Metallgußwerke Wernigerode* durch einfache Dämmerungsschalter, die die künstliche Beleuchtung ein- und ausschalten und damit unnötigen Stromverbrauch unterbinden, jährlich über 30 000 kWh einsparen. Ein Kollektiv des *VEB Chemiefaserkombinat Guben* sparte über 1 Million M durch einfache elektromechanische Abschneidevorrichtungen, die an Textilmaschinen den Faden vor dem Eintritt in die Maschine durchtrennen, wenn er in der Maschine gerissen ist. Dadurch verhinderten sie, daß sich gerissene Fäden auf Trommeln usw. wickeln und erhebliche Störungen verursachen. Das Nachlassen der Fadenspannung wird zum Betätigen von Mikroschaltern verwendet. In manchen Fällen kann es zweckmäßig sein, Geräte für 200 V~ so abzuändern, daß sie mit Gleichspannung gespeist werden können. Dadurch ist ein einfacher Pufferbetrieb aus Akkus möglich, so daß Störungen durch vorübergehenden Netzausfall unterbleiben.

Beispiel: Ein Kollektiv der Netzbetriebe im *VEB Erdölverarbeitungswerk Schwedt* stellte Flammenüberwachungsgeräte für Ölheizungen *(ES 9, Intron)* auf Gleichstromversorgung um. Der Jahresnutzen infolge Verhinderns von

Produktionsausfall bei Netzunterbrechungen betrug 380 000 M.

Lichtelektrische Abtasteinrichtungen sind vielfach anzuwendende Rationalisierungsmittel. Einem Neuererkollektiv im *VEB EAW* gelang es z. B., an Kleinteilen lichtelektrisch zu prüfen, ob das Gewinde vorhanden ist oder nicht. Ein Prüfgerät scheidet Automatenteile ohne Gewinde aus und verhindert dadurch spätere Nacharbeit. Die Abtastung der Scheibe eines Elektrizitätszählers von außen erlaubt ohne Eingriff in den Zähler eine Fernübertragung des Energieverbrauches. Ausführung z. B. durch ein Jugendkollektiv der *Hornberger Kalkwerke i. V.* Elbingerode.

Auch die Lösung reiner Meßaufgaben kann ein wesentliches Rationalisierungsmittel sein. Im *VEB Braunkohlenwerk Rositz* bestand die Aufgabe, an Röhrentrocknern die Temperatur zu überwachen, um die Kohle nicht zu überhitzen. Eine Übertragung kleiner Spannungen (Thermoelement) oder geringer Widerstandsänderungen (Widerstandsthermometer) von rotierenden auf feste Teile ist unter rauhen Bedingungen häufig recht unzuverlässig, abgesehen davon, daß an vorhandenen Maschinen oft ein Fühler in das bewegte Teil nicht eingebaut werden kann. Der Klub Junger Techniker löste die Aufgabe, indem vor der Stirnfläche des Trockners ein Thermoelement mit vergrößerter Oberfläche fest angebracht wurde. Bei höherer Temperatur nimmt auch das Thermoelement eine höhere Temperatur an, da die Übertragung der Wärme nahezu gleichbleibt. Nach Verstärken werden optische und akustische Signale ausgelöst.

Mechanisches Bearbeiten von Serienerzeugnissen bietet vielfältige Möglichkeiten zum Rationalisieren. Voraussetzung ist eine gleichförmige Produktion in hohen Stückzahlen. Aus der großen Anzahl von Beispielen aus metallverarbeitenden Betrieben seien zwei Neuerungen des Jugendkollektivs *Eugène Hénaff* im *VEB EAW* genannt. Eine *pneumatische Vorschubeinrichtung für Streifen* (Bild 3.2.) ermöglicht den selbsttätigen Transport des Halbzeuges an Stanzen und Pressen. Der Pressebär betätigt beim Arbeits-

hub einen Pneumatik-Steuerschieber, wodurch dem (im Bilde nicht sichtbar) Arbeitszylinder Luft zugeführt wird, und der Transportschlitten mit den exzentrisch gelagerten Rollen bewegt den Streifen um eine Einheit von links nach rechts weiter. Beim Rücklauf des Schlittens klemmen die beiden vorderen Rollen den Streifen fest. Jeweils zwei Pressen dieser Art des selbsttätigen Streifenvorschubs lassen sich von einer Person bedienen; die Arbeit wurde bedeutend erleichtert. Allein für zwei Maschinen beträgt der jährliche Nutzen 6000 M. Die *pneumatisch-hydraulische Steuereinrichtung für Bohrmaschinen* (Bild 3.3.) dient zum Betätigen einer Bohrspindel mit verschiedenen Vor- und Rücklaufgeschwindigkeiten (schneller Vorlauf, Bohrvorschub, Lüften des Bohrers, weiterer Vorlauf, schneller Rücklauf). Ein Arbeitszylinder steuert die Stellung der Bohrspindel über eine Zahnstange. Auf einer Steuerwelle, die zusammen mit der Zahnstange bewegt wird, lassen sich durch veränderliche Nocken die Mikroschalter betätigen,

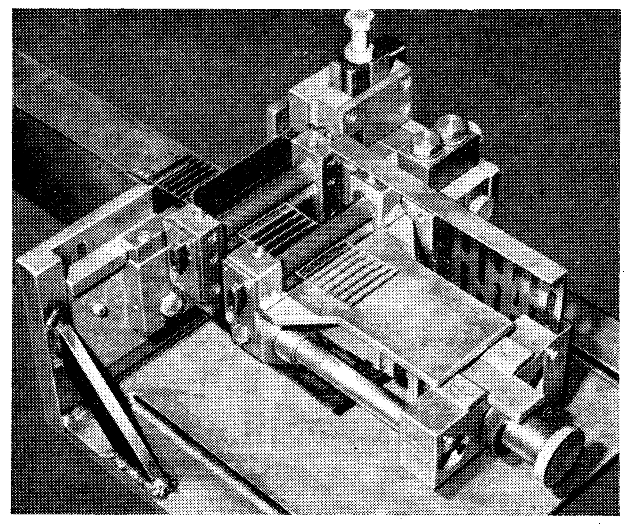


Bild 3.2 Streifenvorschubeinrichtung

die Programme für verschiedene Arten von Werkstücken festlegen. Es wirken elektrische, pneumatische und hydraulische Bauteile zusammen. Die Steuereinrichtung ist Teil einer automatischen Bohrmaschine. Dazu gehören noch eine selbsttätige Zuführung sowie Spann- und Auswerfeinrichtung für die Werkstücke.
Pneumatische Meß- und Steuerverfahren ermöglichen oft Rationalisierungen, die mit anderen Mitteln nicht ausführbar erscheinen. Beispielsweise sollten an Rotationsmaschinen die schuppenförmig übereinanderliegenden Zeitungen mit großer Geschwindigkeit gezählt werden, um die Auslieferung zu rationalisieren. Mechanische und lichtelektri-

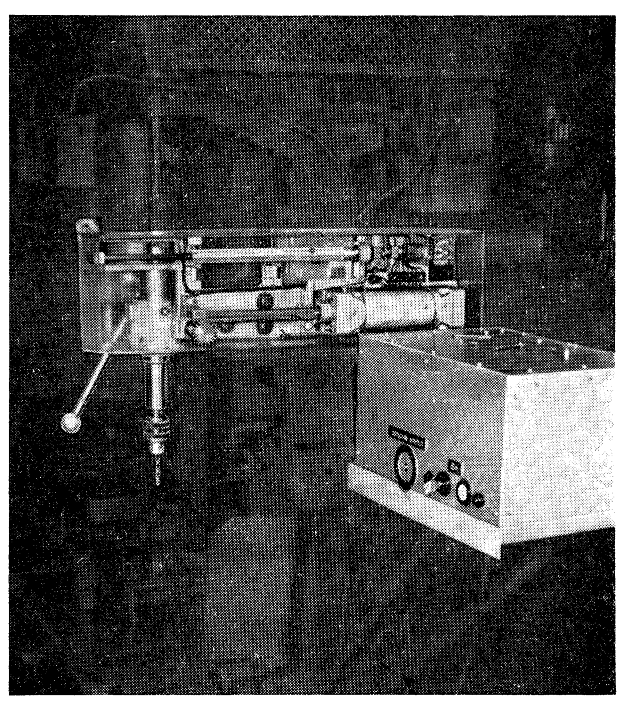


Bild 3.3 Steuereinrichtung für Bohrmaschinen

sche Taster erwiesen sich als ungeeignet. Dagegen lassen sich die periodischen Druckänderungen einer Meßdüse infolge der unterschiedlichen Dicke (1 Impuls je Kante) verstärken und zum Abzählen verwenden (Entwicklung einer Sozialistischen Arbeitsgemeinschaft *des VEB Plauener Druckmaschinenwerk Plamag).* Mit Dreloba-Bausteinen erreicht man eine Zählfrequenz von 25 Hz.
Das Aufwickeln bandförmiger Stoffe, z. B. Papier, Textilien, Folien usw., wird geregelt, um gerade Wickel zu erhalten. Als Meßorgan verwendet man oft eine Gabellichtschranke; nach den Signalen wird z. B. die Aufwickelachse geschwenkt. Für durchsichtige Materialien wie dünnes Papier oder klare Plastfolien ist ein pneumatischer Fühler nach dem System Düse-Prallplatte zweckmäßiger. Als Stellorgan läßt sich beispielsweise ein hydraulisches Glied verwenden. Ausführung: Klub Junger Techniker des *VEB Radebeuler Maschinenfabrik* und des *VEB Druckmaschinenwerk Planeta* Radebeul.
Loks im Braunkohlentagebau, die nur mit einem Mann besetzt sind, müssen Sicherheitsfahrschaltungen (Sifa) enthalten, um die Aufmerksamkeit und Reaktionsfähigkeit des Lokführers zu prüfen. Falls der Lokführer nicht in Abständen einen Wachsamkeitsnachweis durch Tastendruck oder Betätigung des Fahrschalters liefert, erfolgt nach einem Warnsignal die Zwangsbremsung. Elektronische Schaltungen für Sifas werden durch die starken Fremdfelder und die Störspannungen, die beim Schalten auftreten, leicht beeinflußt. Auch ist die Stabilisierung der Betriebsspannung nicht einfach, weil ganz erhebliche Spannungsstöße auftreten. Auch beim Ausbleiben der Spannung soll die Sifa noch einige Zeit arbeiten. Eine aus Dreloba-Bausteinen ausgeführte Sifa (Bild 3.4.) weist die erforderliche Sicherheit gegen äußere Einflüsse, eine hohe Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer auf. Die Druckluft kann dem vorhandenen Bordnetz entnommen werden. Der Nutzen besteht im Vermeiden schwerer Unfälle und läßt sich nicht zahlenmäßig angeben. Das gezeigte Muster hat sich unter den extremen Anforderungen der Praxis be-

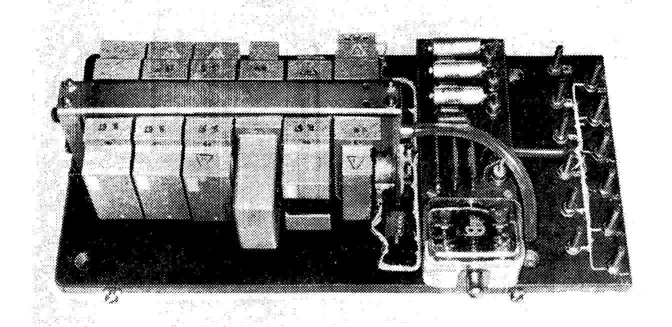


Bild 3.4 Pneumatische *Sifa* aus *Dreloba*-Teilen

währt (Ausführung: *Dipl.-Ing. Kirmse im VEB Braunkohlenwerk Mulde-Nord, Gräfenhainichen*).

In Walzwerken sind die Voraussetzungen zur Rationalisierung besonders günstig, weil die Technologie über lange Zeit gleichbleibt. Eine wichtige Aufgabe ist das Steuern von Scheren, Weichen usw. durch das glühende Walzgut selbst. Solche Einrichtungen müssen in einiger Entfernung anzubringen sein und dürfen durch die wechselnden Temperaturen und unterschiedlichen Abmessungen nicht beeinflußt werden. Ein Jugendkollektiv im *VEB Stahl- und Walzwerk Hennigsdorf* stellte binäre optische Taster her, die aus zwei Dioden ohne besondere Optik und einem nachgeschalteten dreistufigen Transistorverstärker bestehen. Der Forderung nach leichter Auswechselbarkeit besonders angepaßt ist die Anordnung der Fotodioden in Schukosteckern (Bild 3.5.), ein kennzeichnendes Beispiel für einen guten Einfall von Rationalisatoren. Bei einem Aufwand von 600 M je Fühler wurde ein Nutzen von fast 200 000 M erzielt.

Dem Sichern von Unfällen dient ein einfacher Bremswäch-

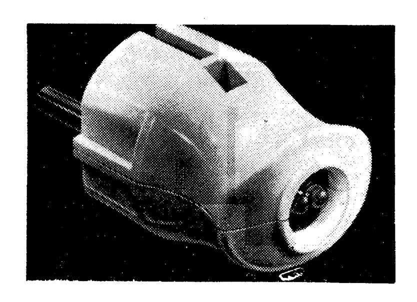


Bild 3.5
Meßfühler einer Strahlschranke

ter, den ein Jugendkollektiv des *VEB Großdrehmaschinenbau Karl-Marx-Stadt* entwickelt hat. Ein Zahnrad wird magnetisch abgetastet, die Spannung verstärkt und zum Steuern von Spannelementen, Kontrollampen o. dgl. verwendet. Man vermeidet dadurch, daß noch während des Laufes der Maschine von Hand eingegriffen wird. Das Zusatzgerät ist für 100 M erhältlich. Es ist lehrreich zu sehen, mit welchem geringen Aufwand oft eine zuverlässige Sicherung gegen Unfälle ausgeführt werden kann.

Modelle, das heißt verkleinerte und oft vereinfachte Nachbildungen, finden beim Ausbilden von Bedienungs- und Wartungspersonal häufig Verwendung. Für Großanlagen stellt man besondere Steuereinrichtungen her, mit denen sich Anlagenstörungen naturgetreu nachahmen lassen. Das Modell besteht aus einer Originalschalttafel und statt der Anlage aus Steuer- und Regeleinrichtungen, die sich ähnlich wie die Originalanlage verhalten. Damit kann man das Bedienen bei Störungen üben.

Bedeutend bleiben Modelle auch dort, wo man bei falschem Bedienen mit gesundheitlichen Gefahren rechnen muß. Zum Schulen des Schaltpersonals für Energieversorgungseinrichtungen kamen wiederholt Modelle zum Einsatz. Sie bestehen aus Warten in Originalgröße und aus verkleinerten, funktionsfähigen Nachbildungen der Schaltanlagen mit allen Signaleinrichtungen.

Im *VEB Energieversorgung Schwerin* konnte z. B. bei 10 000 M Aufwand ein Nutzen von 60 000 M erzielt werden.

Dazu kommt der weit größere Nutzen durch die verbesserte Ausbildung und den Fortfall von Gefährdungen.
Vielfach wird die Ausbildung von Lokführern, Kraft- und Panzerfahrern usw. vereinfacht, indem ein Teil der Schulung auf einem Prüfstand erfolgt. Der Hauptmangel solcher Einrichtungen bleibt, daß Filmvorführungen die Wirklichkeit vortäuschen und falsches Bedienen sich nicht auf die dargestellte Lage auswirken kann. Eine bedeutende Verbesserung läßt sich erreichen, indem ein Modell gesteuert wird. Beim Ausbilden von Baumaschinisten für Turmdrehkräne wurde z. B. von einem Original-Steuersessel aus ein funktionsfähiges Modell im Maßstab 5 : 1 betätigt. Der Lernende kann fast originalgetreu verfolgen, wie sich seine Bedienhandlungen auswirken. Unter anderem läßt sich damit die Eignung verschiedener Personen und ihre Reaktion prüfen. Mit dem Originalgerät ist das selbstverständlich nur in sehr begrenztem Maße möglich, weil entscheidende Fehler zu schweren Schäden führen. Im *VEB BMK* Ingenieurhochbau Berlin wurde neben diesem Nutzen bei einem Aufwand von 9000 M ein materieller Nutzen von 180 000 M erzielt. Modelle lassen sich in weitaus größerem Maße, als es bisher geschah, zur Ausbildung einsetzen. Der Modellbastler kann hierbei unmittelbar zum Rationalisator werden, indem er die Ausbildung an Laufkränen, Baggern, Planierraupen, Gabelstaplern usw. verbessern hilft. Man kann sogar den Bedienenden optisch in das Modellfahrzeug versetzen, indem die Betrachtung nicht unmittelbar, sondern durch *Bildleitkabel,* das sind biegsame Glasfaserbündel, die vollständige Bilder übertragen *(Zeiss),* erfolgt. Obwohl der Prüfling am Original-Bedienungsplatz sitzt, sieht er die Auswirkung seiner Handlungen vom Standpunkt der Bedienungsperson im Gerät selbst.
Für den Amateur bestehen noch viele Möglichkeiten, seine Kenntnisse und Erfahrungen einzusetzen, um volkswirtschaftlichen Nutzen zu erzielen.

4. Literaturverzeichnis

Das folgende Verzeichnis enthält nach Schlagwörtern geordnet Veröffentlichungen, die in den letzten Jahren in der DDR erschienen sind. Einführende Werke, die keine besonderen Vorkenntnisse voraussetzen, werden jeweils zuerst, Fachbücher auf dem Wissensniveau von Meistern bzw. Ingenieuren danach aufgeführt. Die Hefte der Reihe *Automatisierungstechnik* des *VEB Verlag Technik* sind als *RA ..* angegeben, ein Verzeichnis der Verfasser und Titel findet man in jedem dieser Hefte.

Die Abkürzung *PFA* steht für die Reihe *Der Praktische Funkamateur,* die seit 1969 unter dem Namen *electronica* im *Deutschen Militärverlag* erscheint.

Analysentechnik	vgl. Flüssigkeits-, Gasanalysentechnik
Antriebstechnik allgemein	*Kollektiv:* VEM-Handbuch Elektrische Antriebe, VEB Verlag Technik 1969
Antriebstechnik analoge Bausteine	*RA 66*
Anzeigeröhren	vgl. Relaisröhren
Auswertung von Messungen	*Storm, R.:* Wahrscheinlichkeitsrechnung, mathematische Statistik, VEB Fachbuchverlag 1969
Automatisierungstechnik allg.	*RA 1, RA 35; Kollektiv:* Lehrbuch der Automatisierungstechnik, VEB Verlag Technik 1967
Automatisierungstechnik, Darstellungen und Symbole	*RA 75,* vgl. auch unter Standards

Automatisierung, Spezialgebiete	*Eckerkunst, W.:* Automatisierung in der Längenmeßtechnik, VEB Verlag Technik 1966; *Schlicker, G.:* Pneumatik im Maschinenbau, VEB Verlag Technik 1966; *Liptak, F.:* Rationalisierung in Chemiebetrieben, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1963; *Gruner, W.:* Probleme der Meß-, Steuerungs- und Regeltechnik in der Landwirtschaft, Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften 1967
Bauelemente der Automatisierungstechnik	*RA 7; Solodownikow, W.:* Bauelemente der Regelungstechnik, 2 Bände, VEB Verlag Technik 1963;
Bauelemente, elektronische	Handbuch Elektronische Bauelemente, VVB RFT, Berlin 1965; *Rumpf, K.-H.:* Bauelemente der Elektronik, VEB Verlag Technik 1968
Bausteinsysteme, elektrisch-digitale	*RA 38*
Bausteinsysteme, pneumatisch-digitale	*RA 55*
Datenverarbeitung	Heftreihe: Datenverarbeitung des Verlages Die Wirtschaft, ferner mehrere Bände *RA*
Dioden	*Taeger, W.:* Dioden-Schaltungstechnik, Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik 1967

Druckmessung	*Bachmann, W.:* Manometrie, VEB Fachbuchverlag 1966
Elektrotechnik, Elektronik allg.	*Kollektiv:* electronicum, Deutscher Militärverlag 1967; *Reth, J.:* Grundlagen der Elektrotechnik, VEB Verlag Technik 1967; *Lunze, K.:* Berechnung elektronischer Stromkreise, VEB Verlag Technik 1967; *Wahl, R.:* Elektronik für Elektromechaniker, VEB Verlag Technik 1966; *Philippow, E.:* Taschenbuch der Elektrotechnik, 3 Bände, VEB Verlag Technik 1966···1969
Epoxidharz	vgl. Kunstharz
Explosionsschutz	*RA 71; Pester, J.:* Explosionsschutz, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1969
Fernmeßtechnik	*RA 24*
Feuchtemessung	*RA 48; Sonntag, D.:* Hygrometrie, 6 Teile, Akademie-Verlag 1966···1967
Flüssigkeitsanalysentechnik	*RA 26; RA 76*
Fotoelektronik	vgl. Lichtelektrische Empfänger
Füllstandsmessung	*RA 31*
Gasanalysentechnik	*RA 22; Lohs, K.:* Nachweisgeräte für giftige Gase, Dämpfe und Staube, Deutscher Militärverlag 1962

Gedruckte Schaltungen	*Schlenzig, K.:* Die Technik der gedruckten Schaltung, 3 Teile *(PFA 26, 31 u. 41),* Deutscher Militärverlag 1962···1964
Gießharz	vgl. Kunstharz
Hydraulik	*RA 29; RA 37; Voigt, J.:* Grundlagen der Hydraulik, VEB Verlag Technik 1969
Installation	*Nagel, M.:* VEM-Handbuch Installationstechnik für Starkstromanlagen, VEB Verlag Technik 1967
Instandhaltung von Rationalisierungsanlagen	*RA 60, RA 101*
Isotopenanwendung	*RA 58; RA 65; Hart, H.:* Radioaktive Isotope in der Betriebsmeßtechnik, VEB Verlag Technik 1963
Kaltkatodenröhren	vgl. Relaisröhren
Klimaschutz	*Jubisch, H.:* Klimaschutz elektronischer Geräte, VEB Verlag Technik 1968
Kunstharz	*Jakubaschk, H.:* Gießharztechnik in der Amateurpraxis *(PFA 59),* Deutscher Militärverlag 1966; *Schwarz, H.:* Metallkleben und glasfaserverstärkte Plaste, VEB Verlag Technik 1967; *Jahn, H.:* Epoxidharze, Verlag für Grundstoffindustrie 1969

Kybernetik allg.	*Klaus, G.:* Was ist — was soll Kybernetik?, Urania-Verlag 1967; *Teplow, L. P.:* Grundriß der Kybernetik, Volk und Wissen 1966
Kybernetik, technische	*RA 30; Poletajew, I. A.:* Kybernetik, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften 1964
Lichtelektrische Empfänger	*RA 41*
Literaturarbeit	*Schubarth, K.:* Die Bibliothek und du, VEB Bibliographisches Institut 1968; Loseblattsammlung „Wegweiser durch die Informations- und Dokumentationsstellen der DDR", Zentralinstitut für Inform. u. Dokum. Berlin
Magnetverstärker	*RA 8; Gabler, M.:* Magnetische Verstärker, VEB Verlag Technik 1965
Mengenmeßtechnik	*RA 32*
Meßtechnik, Betriebs-	*RA 54; Curth, W.:* Betriebsmeß- und Regelungstechnik I, VEB Verlag Technik 1965; *Wiedmer, H.:* Technische Informationen messen — steuern — regeln, VEB Verlag Technik 1967; *Kulakow, M. W.:* Geräte und Verfahren der Betriebsmeßtechnik, VEB Verlag Technik 1969 (f. Technik in der chem. Industrie); *Stanek, J.:* Handbuch der Meßtechnik in der Betriebskontrolle, 5 Bände, Akadem. Verlagsgesellschaft Geest & Portig 1969 u. folgende

Meßtechnik, Einheiten der — *Förster, H.:* Einheiten, Größen, Gleichungen, VEB Fachbuchverlag 1968

Meßtechnik, elektrische — *Drachsel, R.:* Grundlagen der elektrischen Meßtechnik, VEB Verlag Technik 1966

Meßverfahren für nichtelektr. Größen — *RA 13; Kautsch, R.:* Elektrische Meßtechnik zur Messung nichtelektrischer Größen, VEB Verlag Technik 1967

Oszillografie — *Millner, R.:* Katodenstrahloszillografen, Grundlagen und Anwendung, VEB Verlag Technik 1966; *RA 64; RA 70*

p_H-Meßtechnik — *Schwabe, K.:* p_H-Fibel, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie 1969

Piezoelektrische Meßtechnik — *Gohlke, W.:* Einführung in die piezoelektrische Meßtechnik, Akadem. Verlagsgesellschaft Geest & Portig 1959

Pneumatik allg. — *RA 45; RA 82; Schlicker, G.:* Pneumatik im Maschinenbau, VEB Verlag Technik 1966

Pneumatik, Niederdruck- — *Ferner, V.:* Anschauliche Regelungstechnik, VEB Verlag Technik 1962

Radionuklide — vgl. Isotopenanwendung

Rationalisierung allg. — Tafelwerk: *Sozialistische Rationalisierung und Standardisierung,* Dietz Verlag 1967; *Messing, H.:* Standardisieren — rationalisieren, Urania-Verlag 1968

Regelungstechnik	*Curth, W.:* Betriebsmeß- und Regelungstechnik II, VEB Verlag Technik 1965; *RA 50* (Tabellen, Formeln usw.); *Oppelt, W.:* Kleines Handbuch technischer Regelvorgänge, VEB Verlag Technik 1967; *Göldner, K.:* Mathematische Grundlagen für Regelungstechniker, VEB Fachbuchverlag 1968
Registriertechnik	*RA 53*
Relaisröhren	*Greif, H.:* Kaltkatodenröhren, VEB Verlag Technik 1970
Relaisschaltungen	*Franz, D.:* Relaisschaltungen für Bastler *(PFA 48),* Deutscher Militärverlag 1964; *Gawrilow, M. A.:* Relaisschalttechnik, VEB Verlag Technik 1953
Schaltalgebra	*Varga, T.:* Mathematische Logik (Aussagenlogik), Volk und Wissen 1966; *RA 25; Böhringer, M.:* Theorie und Technik von Schaltnetzwerken, VEB Verlag Technik 1969
Schaltanlagen (Starkstrom)	*Kollektiv,* VEM-Handbuch Schaltanlagen, VEB Verlag Technik 1969
Schalter	*Höft, H.:* Schalter und Tasten der Schwachstromtechnik, Radio u. Fernsehen 1968, Seite 216···219

Schutzgrade elektrische Anlagen	*Nagel, M.:* Mindestschutzgrade für elektrotechnische Anlagen, Elektrie 1968, Seite 172···173; *Müller, R.:* VEM-Handbuch Schutzmaßnahmen in Niederspannungsanlagen, VEB Verlag Technik 1969
Signalanlagen	*Rennicke, H.:* Signalisierung und Signaleinrichtungen in Industriebetrieben, Technik 1967, Seite 756···761
Standards der BMSR-Technik	*RA 17; Cunow, F.:* Symbolkatalog der DDR-Industrieautomation, VVB Regelungstechnik 1969
Statistik	vgl. Auswertung von Messungen
Steckverbindungen, elektrische	*Höft, H.:* Moderne Steckverbinder, Radio-Fernsehen-Elektronik 1968, Seite 155···157
Stellglieder	*RA 89; Müller, I.:* Stelleinrichtungen für strömende Stoffe, VEB Verlag Technik 1966
Steuerungstechnik	*RA 2; Zühlsdorf, W.:* Kleines Handbuch der Steuerungstechnik, VEB Verlag Technik 1963; *Wiedmer, H.:* Technische Informationen messen — steuern — regeln, VEB Verlag Technik 1967
Stromversorgung	*Streng, K.:* Stromversorgungsteile für Sende- u. Empfangsanlagen *(PFA 49),* Deutscher Militärverlag 1964; *Franz, D.:* Chemische Stromquellen *(PFA 79),* Deutscher Militärverlag 1968;

	Völz, H.: Elektronische Spannungsstabilisation, VEB Verlag Technik 1969
Temperaturmessung	*RA 27*
Thermistoren	*Netschajew, G. K.:* Relais und Geber mit Halbleiter-Thermowiderständen, VEB Verlag Technik 1965
Transistoren	*Fischer, H. J.:* Transistortechnik für den Funkamateur, Deutscher Militärverlag 1968; *Paul, R.:* Transistoren, VEB Verlag Technik 1964; *Rumpf, K.-H.:* Transistor-Elektronik, Halbleiterbauelemente im Schalterbetrieb, VEB Verlag Technik 1969
Ultraschallanwendung	*Matauschek, J.:* Einführung in die Ultraschalltechnik, VEB Verlag Technik 1966
Ursamat-System	*Kollektiv,* Ursamat-Handbuch, VEB Verlag Technik 1969; *Brack, G.:* Technik der Automatisierungsgeräte, VEB Verlag Technik 1969
Verstärker, elektrische	*Wagner, B.:* Elektronische Verstärker, VEB Verlag Technik 1966; *Streng, K. K.:* abc der Niederfrequenztechnik, Deutscher Militärverlag 1969
Wägetechnik	*RA 23*
Zählröhren	vgl. Relaisröhren

Zuverlässigkeit	*Kronjäger, O.:* Amateurtechnik und Betriebszuverlässigkeit *(PFA 80),* Deutscher Militärverlag 1969;
	RA 28; Geoffrey, W. A.: Zuverlässigkeit in der Elektronik, VEB Verlag Technik 1968
Zweipunkt-regelung	*RA 33, RA 102*

5. Herstellerverzeichnis

Aegir	Aegir R. Schlenkrich KG Dresden
C. & G.	Clamann & Grahnert Dresden
Dießner	Ing. E. Dießner Gera
Dobrulux	Prüfgeräte Dobrulux G. Wehner KG Berlin
Dux	Dux, Koggelmann & Co Leipzig
EAW	VEB Elektroapparatewerke Berlin
EBF	PGH Elektrobau Freital — Tharandt
ED	VEB Elektromotorenwerk Dessau
EFM	VEB Elektro-Feinmechanik Mittweida
EGA	VEB Elektroschaltgeräte Auerbach
EGD	VEB Elektroschaltgeräte Dresden
EGG	VEB Elektroschaltgeräte Görlitz
EGM	VEB Elektroschaltgeräte Meerane
EGO	VEB Elektroschaltgeräte Oppach
EIA	VEB Elektroinstallation Annaberg
Elpro	VEB Elektroprojekt Berlin
Eltro	VEB Eltro Weida
EMD	PGH Elektromeß Dresden
EMH	VEB Elektromotorenwerk Hartha Kr. Döbeln
EMO	VEB Elektromotorenwerk Oschersleben

EMT	VEB Elektromotorenwerk Thurm
EMW	VEB Elektromotorenwerk Wartha
EMZ	VEB Elektromotorenbau Zittau
EV	VEB Energieversorgung Potsdam, Zählerreparaturwerk Oranienburg
Febana	PGH Febana Erfurt
Feutron	Feutron K. Weiß KG Greiz
FMA	VEB Fernmeldeanlagenbau Leipzig
FMD	VEB Feinmeß Dresden
FMH	PGH Funkmechanik Heidenau
FMW	VEB Fernmeldewerk Arnstadt
FMZ	PGH Funkmechanik Zwenkau b. Leipzig
FWD	VEB Funkwerk Dresden
FWE	VEB Funkwerk Erfurt
FWL	VEB Funkwerk Leipzig
GEP	VEB Gasturbinenbau und Energiemaschinenentwicklung Pirna
GGW	VEB Geophysikalischer Gerätebau Brieselang
Giede	W. Giede KG Berlin
GRG	VEB Gleichrichterwerk Großräschen
GRW	VEB Geräte- und Reglerwerke Treptow
GWL	VEB Gerätewerk Leipzig
Heine	O. Heine KG Dresden
HL	VEB ZEK Hydraulik Leipzig

Horn	J. Horn Leipzig
H. & S.	Hegelmann u. Schneider KG Erfurt
IAL	VEB Industriearmaturen u. Apparatebau Leipzig
Inducal	VEB Inducal Berlin
Intron	VEB Intron Berlin
Jung	A. Jung Dresden
Junkalor	VEB Junkalor Dessau
Karsch	W. Karsch Rötha
Kern	J. Kern Schleusingen
Küstner	F. Küstner KG Dresden
KW	R. Kiesewetter KG Leipzig
KWH	VEB Keramische Werke Hermsdorf
Lange	Dr. G. Lange Berlin-Treptow
LT	VEB Labortechnik Ilmenau
MAS	VEB Meßapparatebau Schlotheim
MASSI	VEB Maßindustrie Werdau
Matthes	R. Matthes Wittgensdorf
MAW	VEB Magdeburger Armaturenwerke „Karl Marx" Magdeburg
ME	VEB Meßelektronik Berlin
Mehag	Mehag GmbH Zella-Mehlis
Meinsberg	Forschungsinstitut Meinsberg der TH Dresden
Metra	Metra Meß- und Frequenztechnik Radebeul

Mertik	VEB Meßgerätewerk Quedlinburg
MGB	VEB Meßgerätewerk Beierfeld
MGW	VEB Meßgerätewerk „Erich Weinert" Magdeburg
MGZ	VEB Meßgerätewerk Zwönitz
MKH	VEB Mansfeld-Kombinat Hettstedt
Mörz	E. Mörz KG Saalfeld
MTM	VEB Meßtechnik Mellenbach
MZM	PGH Mechanik und PGH Metall Zella-Mehlis
Neumann	G. Neumann KG Creuzburg
Noremat	VEB Noremat Nossen
Perthen	Dr. Perthen & Co. Dresden-Bannewitz
PFS	VEB Pumpenfabrik Salzwedel
PGW	VEB Prüfgerätewerk Medingen
Preßler	Deutsche Glimmlampengesellschaft Preßler Leipzig
Rössel	Rössel-Meßtechnik Dresden
RW	VEB Reglerwerk Dresden
RWR	VEB Röhrenwerk Rudolstadt
SAD	VEB Schwingungstechnik und Akustik Dresden
Schott	VEB Schott & Gen. Jena
Seidler	F. Seidler Dresden
Simeto	PGH Simeto Klingenthal
Statex	VEB Statex Ilmenau

Statron	PGH Statron Fürstenwalde
Steremat	VEB Steremat Berlin
Streller	A. & E. Streller Geising
SRR	VEB Stern-Radio Rochlitz
Tittel	K. Tittel Frauenstein
TM	VEB Triumphatorwerk Leipzig-Mölkau
TPW	VEB Technisch-Physikalische Werkstätten Thalheim
TWG	VEB Thermometerwerk Geraberg
Ulrich	Dr. M. Ulrich KG Leipzig
Vakutronik	VEB Vakutronik WIB Dresden
Visomat	Visomat GmbH i. V. Leipzig
VTL	PGH Verstärkertechnik Leipzig 27
WBG	VEB Werk für Bauelemente der Nachrichtentechnik Großbreitenbach
Wegener	P. Wegener Ballenstedt
Wetron	VEB Wetron Weida
WF	VEB Werk für Fernsehelektronik Berlin
Wiegand	O. Wiegand KG Karl-Marx-Stadt
WSSB	VEB Werk für Signal- und Sicherungstechnik Berlin
WT	VEB Werkzeugfabrik Berlin-Treptow
WTI	Institut für Wärmetechnik und Automatisierung der Silikathüttenindustrie Jena-Burgau
Zeiss	VEB Carl Zeiss Jena
Zimmermann	E. Zimmermann Leipzig

6. Sachwörterverzeichnis

Die Angabe I/61 bedeutet z. B. Band I (Nr. 95 dieser Reihe), Seite 61. Die Abkürzung II/43 heißt Seite 43 dieses Bandes.

1.–15. Tausend
Deutscher Militärverlag · Berlin 1970
Lektor: Bernd Schneiderheinze
Zeichnungen: Gisela Michael
Fotos: Verfasser (außer: 3.2. bis 3.4.)
Vorauskorrektor: Rita Abraham
Korrektor: Ingeborg Kern
Typografie: Helmut Herrmann · Hersteller: Hannelore Münnich
Gesamtherstellung: Druckerei Märkische Volksstimme Potsdam A 563
1,90

96

